

TRAZADO DE CARRETERAS DE MÍNIMO IMPACTO AMBIENTAL, MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

(DESIGNING ROADS WITH MINIMUM AMBIENTAL IMPACT USING A GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM (G.I.S))

Jacobo Feijoo Lamas, Isabel Otero Pastor y M^a José Arias García, Ingenieros de Montes
Departamento de Construcción y Vías Rurales. Universidad Politécnica de Madrid

ESPAÑA

Fecha de recepción: 21-IV-95

113-30

RESUMEN

La delimitación del trazado de una carretera exige el desarrollo de un conjunto de fases en las que se va definiendo cada vez más detalladamente su localización concreta, desde la planificación global hasta el estudio de detalle. A lo largo de este proceso se maneja gran cantidad de información territorial, necesaria para sustentar la toma de decisiones relativa a la elección de alternativas; la utilización de los Sistemas de Información Geográfica (S.I.G) resulta, pues, de gran utilidad en este caso, ya que constituyen una herramienta idónea tanto para el manejo de datos y su almacenamiento como para su procesado mediante algoritmos de cálculo adecuados.

En el presente artículo se expone la metodología seguida y los resultados obtenidos en un Proyecto desarrollado en el Departamento de Construcción y Vías Rurales de la Universidad Politécnica de Madrid, en el cual se ha utilizado el Sistema de Información Geográfica IDRISI, para delimitar el trazado de mínimo impacto ambiental de una carretera entre Hoyo de Manzanares y Soto del Real, en la Cuenca Alta del Manzanares, en la Comunidad de Madrid. Aunque la escala de trabajo adoptada no permite definir el diseño geométrico concreto, sí se ha podido delimitar un pasillo en el que se cumplen las condiciones impuestas. Posteriormente, y a una escala más detallada, se podrá determinar la traza definitiva.

SUMMARY

Designing a road requires different steps. During this phases location is obtained each time more accurately. These steps are very different, they go from global planification to detailed studies. During the process, a great amount of geographic information is handled to take the right decision between different alternatives. Using a Geographic Information System (G.I.S) during this processes results very useful. G.I.S handles a great amount of data and it makes easier handling this information with mathematical procedures.

In this article it is shown methodology and results obtained in a particular project. This project was developed at the Departamento de Construcción y Vías rurales of the Universidad Politécnica de Madrid, and it was used the G.I.S called IDRISI. The object of this project was designing a road of minimum ambiental impact between Hoyo de Manzanares and Soto del Real, at the Cuenca Alta del Manzanares, in the Comunidad Autónoma de Madrid. It has been delimited a corridor where required conditions take place, but the final geometric design couldn't be drawn because of working scale. This should be developed in a further work, where working scale would be more accurate.

1. INTRODUCCIÓN

La construcción de una carretera supone siempre un impacto objetivo tanto sobre el medio natural como el socioeconómico. En términos generales el paisaje se altera, la traza modifica permanentemente el sustrato sobre el que se asienta y se impacta un gran número de elementos del medio (aire, ruido, clima, geología y geomorfología, hidrología superficial y subterránea, suelo, vegetación, fauna...), tal y como queda resumido en el cuadro 1.

Esto justifica sobradamente el que a la hora de la planificación de una carretera se incluya el medio natural como un factor más y no el que se busquen exclusivamente líneas de fácil trazado y construcción a expensas de inducir un mayor impacto (a veces irreversible), sobre ecosistemas que han necesitado un prolongado número de años para llegar a su estado actual.

A la hora de considerar la instalación de una carretera o infraestructura similar en un territorio, desde el punto de

CUADRO 1

FUENTE: OTERO 1993

Medio	Alteración
Aire	Aumento de niveles de inmisión: <ul style="list-style-type: none"> • Partículas. • Metales pesados. • NO, CO, HC.
Ruido	Incremento de niveles sonoros: <ul style="list-style-type: none"> • Continuos (construcción y explotación). • Puntuales: (construcción)
Clima	Cambios microclimáticos. Cambios mesoclimáticos por circulación de vientos (creación de pasillos).
Geología y geomorfología	Destrucción de puntos de interés geológico y yacimientos paleontológicos. Aumento de inestabilidad de laderas.
Hidrología superficial y subterránea	Pérdida de calidad de las aguas (deposición y emisiones). Variación de los riesgos de inundación. Cambio de caudales. Cambio de los procesos de erosión-sedimentación Disminución de la tasa de recarga de acuíferos.
Suelo	Compactación. Destrucción. Aumento de la contaminación. Disminución de la calidad edáfica por salinización y aumento de Pb.
Vegetación	Cambio en: <ul style="list-style-type: none"> • Productividad • Composición florística. Destrucción. Degradación de las comunidades vegetales. Acúmulo de metales pesados. Cambios en las comunidades vegetales por pisoteo. Aumento del riesgo de incendio.
Fauna	Destrucción directa. Destrucción o alteración del hábitat. Mayores dificultades para la dispersión y movimientos locales. Pérdida de lugares de nidificación. Incremento de caza y pesca. Incremento de riesgo por atropello.
Paisaje	Cambio en la estructura del paisaje. <ul style="list-style-type: none"> • Líneas. • Formas. • Colores (contraste cromático). Denudación de superficies (taludes). Intrusión visual de la nueva vía.

vista ambiental, hay que tener en cuenta dos consideraciones:

. La carretera que se instala en un paisaje es una estructura artificial que presta o constituye un servicio público y, por tanto, se considera como una necesidad real de la sociedad. Es decir: dados dos puntos a unir por una carretera dentro de un territorio, no es admisible concluir que si ese territorio es de un alto valor ambiental la vía simplemente no discurrirá por él, sino que la cuestión será cómo acomodarla de modo que se minimice el impacto sobre el medio natural.

. La acción sobre el medio no se limita al espacio físico que ocupa la infraestructura, sino que se extiende generalmente a ambos lados y paralelamente a ellas sobre un espacio que habitualmente se denomina **corredor**.

Tenemos pues que, si queremos trazar una vía que dañe lo menos posible el medio natural del territorio por el que discurre, el problema es determinar el corredor que una un punto de partida y otro de llegada a través de la sucesión de puntos intermedios del territorio de forma que:

. Dichos puntos tengan aptitud técnica.

. Sean aquéllos en los que la suma de los impactos sean los mínimos posibles.

El trazado óptimo de una estructura lineal se puede abordar básicamente de dos formas diferentes:

A) Trazado de varias rutas alternativas y selección de la ruta óptima según un determinado criterio.

B) División del territorio en sectores (por ejemplo polígonos regulares) y selección de los sectores que componen el trazado óptimo.

La determinación del trazado de una carretera pasa por una serie de fases en las que se va definiendo cada vez más la localización concreta de ésta, desde la planificación general hasta el nivel de detalle. A lo largo del proceso se manejan grandes cantidades de información acerca del territorio por donde debe discurrir la carretera, que ayudará a la toma de decisiones para la elección de la alternativa.

El empleo de los sistemas de información geográfica (S. I. G.) resulta ser de utilidad en este caso pues es una herramienta idónea tanto para el manejo de datos y su almacenamiento como para el procesado de los mismos mediante algoritmos de cálculo adecuados.

El objetivo del presente trabajo ha sido pues el diseño y aplicación de una metodología que adoptando el criterio de división en sectores permita, utilizando un sistema de

información geográfica de los presentes en el mercado (IDRISI), la determinación del trazado de una carretera, que una dos puntos situados en la cuenca del río Manzanares en la Comunidad Autónoma de Madrid, de forma que el impacto ambiental en elementos concretos del medio sea mínimo, debiendo cumplirse además una serie de restricciones.

El proyecto que se describe en este artículo se ha realizado siguiendo los trabajos de OTERO y ALCAIDE (1994). Su objetivo es la delimitación del corredor de mínimo impacto ambiental para la localización de una carretera entre Hoyo de Manzanares y Soto del Real, en la Cuenca Alta de Manzanares, en la Comunidad de Madrid.

No se pretende, a la escala de trabajo, definir el trazado geométrico concreto, sino hallar el corredor en el que se cumplan las condiciones impuestas. Posteriormente, y a escala más detallada, se podría determinar la traza definitiva.

La zona de estudio posee un conjunto de características que la hacen idónea para el desarrollo del proyecto:

. Es una zona de alto valor paisajístico y ecológico, sometida a una fuerte presión social y siempre necesitada de protección y planificación.

. Hay una gran cantidad de contrastes, tanto en la morfología del terreno, relieve, formas del paisaje, como en los usos del suelo, lo que facilita comprobar si la metodología tiene la suficiente flexibilidad para adaptarse a todas las exigencias que impone el medio y ofrecer respuestas válidas para el proyectista.



Foto 1.- Parque regional de la Cuenca Alta del Manzanares.

.Es una zona muy estudiada, por lo que existen numerosos datos disponibles y de fácil acceso.

.Su proximidad a Madrid y su accesibilidad facilita los inventarios sobre el terreno.

Las coordenadas U. T. M. que la encuadran son las siguientes:

30TVL425 000. 30TVL45 05 000. 30TVK435 000.
30TVK45 00 000.

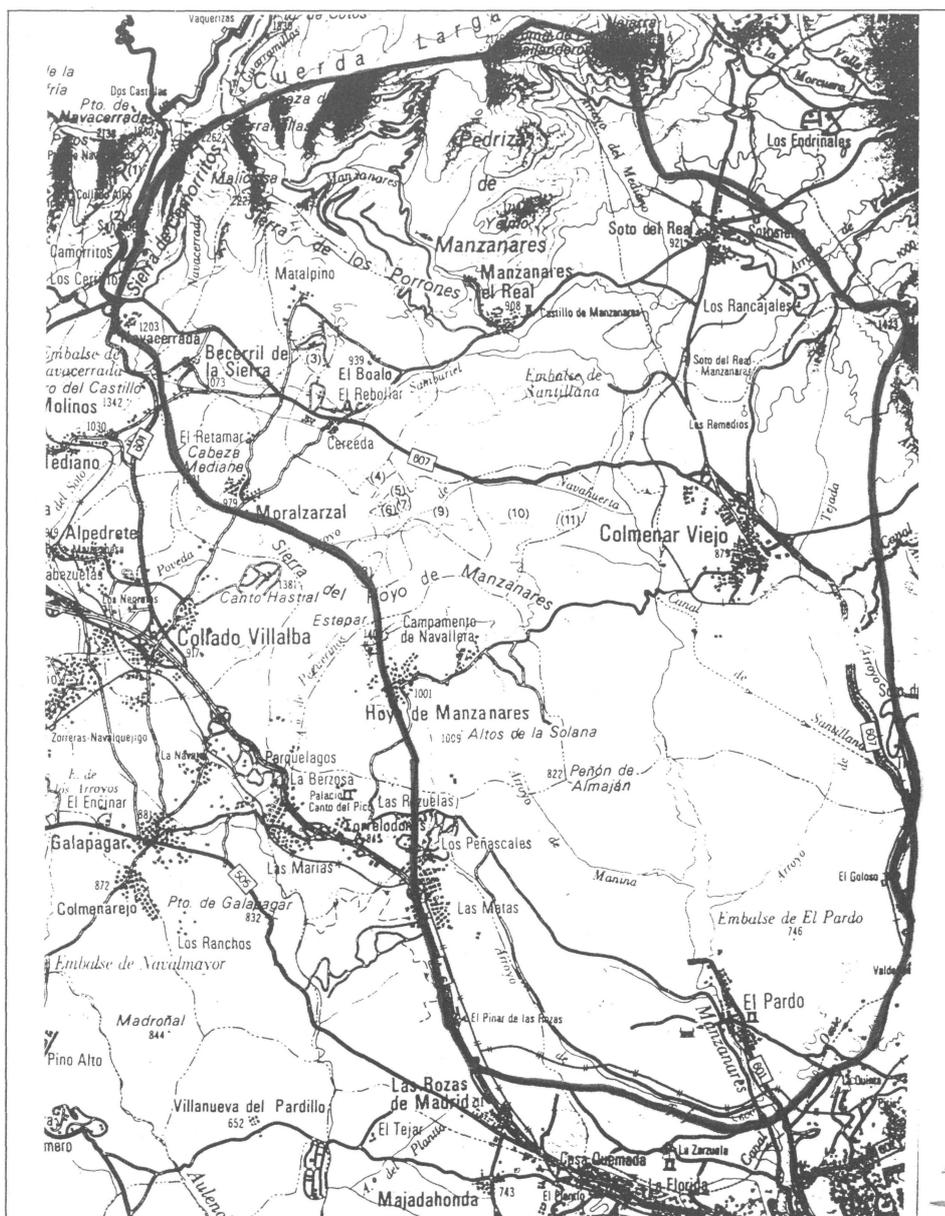
1.1. Descripción de la zona de estudio

Localización

La zona de estudio se localiza en la cuenca del río Manzanares y se halla toda ella dentro de la Comunidad Autónoma de Madrid.

Límites

Limita al Norte con la provincia de Segovia (divisoria de la Sierra de la Cuerda Larga), al Sur con la ciudad de Madrid, al Este con la divisoria de la cuenca del río Jarama y al Oeste con la divisoria de la cuenca del río Guadarrama.



Mapa de localización.

Superficie

La superficie total del territorio estudiado, en hectáreas, es: 62.520 ha.

Situación administrativa: enumeración de los términos municipales

La zona se halla toda ella comprendida, como ya se ha dicho, en la Comunidad Autónoma de Madrid.

Comprende los siguientes términos municipales: Rascafría, Miraflores de la Sierra, Bustarviejo, Navacerrada, Manzanares el Real, Soto del Real, Collado Mediano, Becerril de la Sierra, El Boalo, Alpedrete, Collado Villalba, Moralzarzal, Colmenar Viejo, Hoyo de Manzanares, Las Rozas y Madrid.

Características generales del territorio

1) FISIOGRAFÍA

En el territorio de estudio se distinguen claramente dos zonas que son la Sierra y la Depresión.

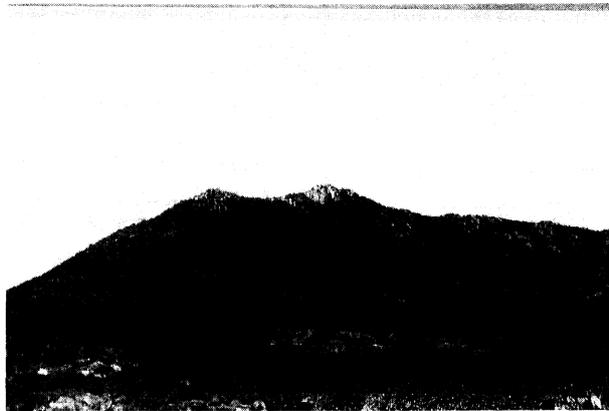


Foto 2.- Aspecto general de la zona de estudio.

La Sierra

"La Sierra es una gran unidad geológica estructural constituida fundamentalmente por rocas intrusivas y metamórficas. En función de la topografía se distinguen tres unidades fisiográficas muy netas: Rampa, Vertientes y Cumbres". (Martínez Falero 1983).

Rampa

La rampa o llanura de piedemonte es una superficie de erosión labrada sobre rocas duras que, con suaves pendientes, alcanza las vertientes de la zona con las que en muchas ocasiones forma un elevado ángulo. Presenta una topografía

suave con abundantes valles de fondo amplio y plano denominados navas.

La región está caracterizada edáficamente por una asociación de dos tipos de suelos: suelo pardo mesotrofo en las colinas y suelo hidromorfo en las navas. El primero tiene textura arenosa, es un suelo seco y pobre que da un pastizal ralo y corto. El segundo, profundo y húmedo durante gran parte del año, da lugar a un pastizal denso y alto.

Vertientes

Las vertientes se extienden desde los 1.100 m hasta los 2.000 m, altura media de las cumbres de la Sierra.

Se produce un cambio climático, aumentando las precipitaciones y disminuyendo la temperatura. El suelo pardo mesotrofo se transforma en suelo pardo ácido por efectos del lavado y la acidificación.

Esta región, de suelo pobre, fuerte pendiente y difícil acceso se ha dedicado de forma tradicional a la explotación forestal.

Cumbres

Se trata de llanuras alomadas que culminan los relieves de los macizos y forma las divisorias principales. La topografía es, pues, de colinas con suaves pendientes y amplias depresiones que reciben el nombre de toyas.

El clima es de montaña aunque conservando ciertos matices mediterráneos. La vegetación está constituida por matorrales y praderas de césped alpino, siendo un rasgo importante la ausencia de árboles, no debido a que se alcance el límite de altitud de los mismos, sino a la acción combinada del viento y el hombre. El viento es muy fuerte en la cumbre de la montaña y ejerce una fuerte acción desertizante. El hombre practica la ganadería y periódicamente quema los matorrales de piorno para extender y mejorar la superficie de pastos. Ambos hechos son perjudiciales para el desarrollo del árbol.

Edáficamente existe una asociación de ránker y gley, ambos muy ricos en materia orgánica. El primero domina en las vertientes de las colinas y tiene buen drenaje externo e interno, el segundo es propio de las depresiones, toyas, y posee un nivel freático que se mantiene cerca de la superficie la mayor parte del año.

Los pastizales de cumbre son de verano, por cuanto las fuertes heladas los desecan en otoño e invierno.

Así pues, la Sierra tiene vocación ganadera y forestal, forestal en las vertientes y ganadera en rampas y cumbres.

La Depresión

Incluye los valles y las llanuras aluviales. Estas últimas están formadas por los aluviones recientes aportados por los ríos en las crecidas. Su característica fundamental es la presencia de una capa freática no reductora, pues se renueva con la suficiente rapidez para mantener alto el contenido de oxígeno.

Poseen suelos potencialmente muy fértiles y de hecho más al Sur de nuestra zona, aguas abajo del Manzanares, se usan como superficies de regadío, pero en nuestro territorio tienen la misma dedicación que los colindantes de cotas más altas

Es evidente que todas estas llanuras aluviales deben de ser eficazmente protegidas de cualquier uso que no sea el agrícola, y quizá en mayor medida, los que no han sido transformados en regadío. El bajo precio de venta y la existencia de agua freática a poca profundidad atraen la localización industrial y urbana.

II) VEGETACIÓN

La Sierra

Sobre las cumbres de la Sierra con sustrato granítico o gnéisico las formaciones más comunes son las del piornal en mezcla con otras especies que forman el matorral acidófilo. La especie dominante es el piorno (*Cytisus purgans*) siendo también muy comunes matas de enebro. Son característicos los matorrales almohadillados y su interés paisajístico viene dado por la espectacularidad de las cresterías rocosas y la variación estacional de la vegetación.

En las partes más altas de la Sierra y que se asienten sobre pizarras y cuarcitas, la especie dominante es el brezo, solo o en compañía de jaras o piornos, según la altitud.

Sobre las laderas de la Sierra, sobre granitos y gneises, encontramos jarales, bien solos o en transición al matorral de altura, los pinares, principalmente de pino albar y hacia el suroeste pino negral y en las zonas más bajas el piñonero. Los rebollares constituyen la formación clímax.

El interés paisajístico de estas formaciones aumenta desde los jarales hasta los pinares, imagen típica de la Sierra, y sobre todo los rebollares con su variación estacional, presencia de distintos estratos y variedad de especies.

Los fondos de valle de la Sierra son el asiento de pastos con fresnos y rebollos dispersos en forma de setos, adehesados o formando bosquetes. El nivel freático es alto y los pastizales son verdes todo el año.

En la rampa de la Sierra sobre granitos encontramos, por un lado, pastizales con fresnos y rebollares intercalados y, según descendemos en altitud, matorrales procedentes de la degradación de pastos.

En la rampa sobre pizarras en las zonas de pendientes suaves, predominan los cultivos con vegetación residual de jaras, encinas y enebro y, en las zonas de relieve más acentuado, matorral acidófilo de jaras y cantueso, principalmente.

Vaguadas y valles

Los taludes arcóscos soportan normalmente un ecosistema bien conservado formado por encinares con sotobosque de retamas y jaras dedicados a usos forestales y ganaderos principalmente.

En el resto de las arcosas se superponen las siguientes formaciones vegetales:

. Matorrales de retamas con herbazales de suelos neutros, ecosistemas muy degradados a partir de la encina con colorido estacional poco llamativo y con algún uso forestal y ganadero.

. Repoblaciones de pino piñonero, que a pesar de su origen artificial suponen un paisaje de gran calidad y con utilización forestal y recreativa.

. Encinares adehesados, que son la formación típica de las arcosas.



Fig. 3.- Bosque esclerófilo.

III) SOCIOECONOMÍA

Se trata en general de una zona históricamente deprimida debido a su dependencia de un sector primario que se

reducía a lo ganadero y forestal principalmente, ya que en la Sierra la posibilidad de agricultura se veía siempre limitada por los rigores del clima y la poca aptitud de los suelos para una agricultura productiva.

Sin embargo, en la actualidad el dato que más determina la socioeconomía de esta zona es la proximidad a la gran capital. En efecto, Madrid ejerce una fuerte atracción sobre la mano de obra rural y a la vez supone una fuente de riqueza en los municipios serranos, al acudir la población de la capital a la Sierra buscando en la montaña posibilidades de ocio y turismo.

Esto ha generado una serie de servicios orientados a satisfacer las demandas de este turismo, que ya forman una parte muy importante de las economías locales y que han detenido, en parte, el éxodo de habitantes hacia Madrid.

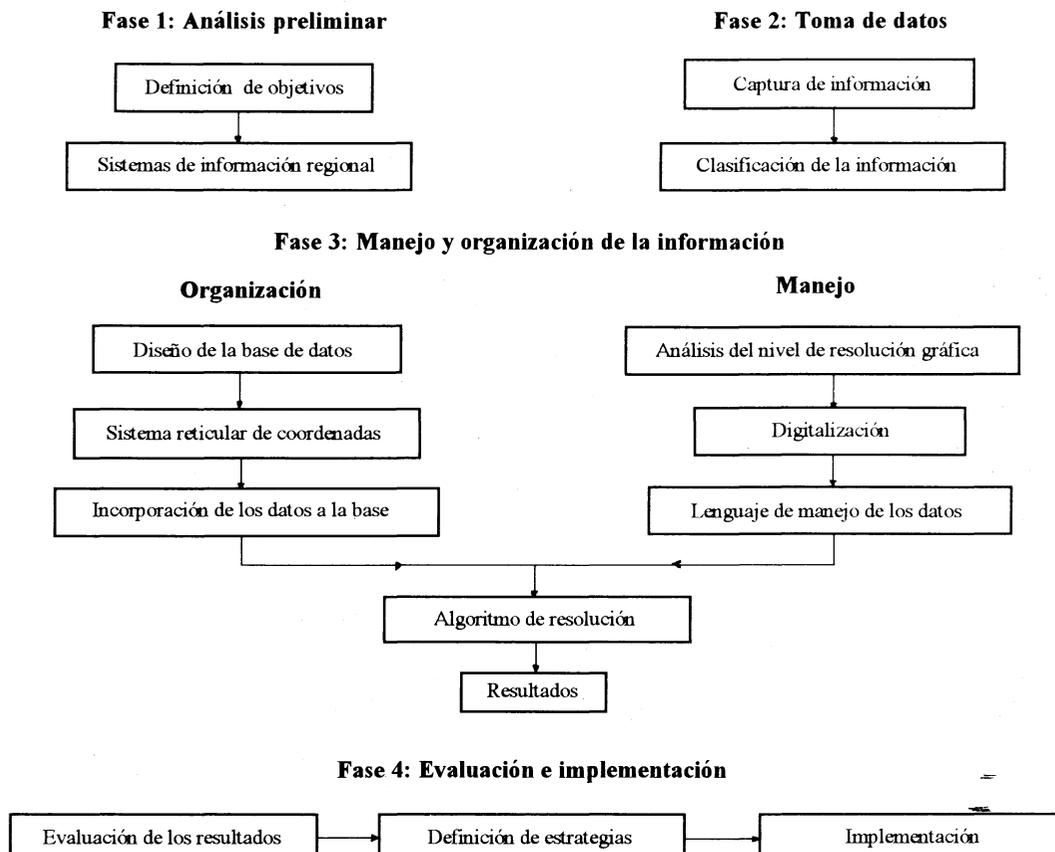
Otro fenómeno reciente ha sido la generalización de la segunda vivienda que también ha supuesto un tirón beneficioso en las economías locales, aunque su crecimiento descontrolado y al margen de la legalidad suponen una fuente de conflictos varios y de impactos perjudiciales sobre medio y paisaje.

Los sectores primarios tradicionales atraviesan una fuerte crisis debido a las repercusiones negativas de la política agraria común.

IV) INFLUENCIA HUMANA ACTUAL

Las mayores perturbaciones que se dan hoy día son (Martínez Falero 1983):

- . Pérdida de suelo productivo. Especialmente debido a:
 - La política de embalses que los ha situado en los mejores pastizales de la provincia.
 - La urbanización en las zonas más productivas.
 - Repoblaciones monoespecíficas en zonas que podrían dedicarse a uso múltiple.
- . Presión de las urbanizaciones de segunda residencia sobre encinares y dehesas.
- . Actuaciones indiscriminadas en terrazas y graveras de los ríos.
- . Contaminación y vertido de residuos tanto sólidos como líquidos.
- . Falta de política de regeneración de especies autóctonas.
- . Presión turística en las zonas protegidas.
- . Falta de criterios paisajísticos en la ordenación del territorio.



1.2. Metodología

El presente estudio se ha llevado a cabo mediante la aplicación de la metodología siguiente:

- Fase 1: Análisis preliminar.
- Fase 2: Toma de datos.
- Fase 3: Manejo y organización de la información.
- Fase 4: Evaluación e implementación.

2. INVENTARIO

2.1. Selección de factores significativos

Los factores del medio seleccionados en función de los objetivos del estudio han sido los siguientes:

- *Altimetría del territorio*: Con la finalidad de utilizarla para la elaboración del modelo digital del terreno y considerar el relieve como un factor más del medio.

- *Pendiente del terreno*: Con el fin de darle a su valor un significado de capacidad - oposición al paso de la carretera.

- *Unidades del paisaje*: La finalidad es definir unidades homogéneas, tanto en su valor paisajístico como en su respuesta visual ante posibles actuaciones.

- *Usos actuales del suelo*: Como forma de desplazar la ubicación de la carretera hacia los usos que se consideren de menor interés o de menor impacto y mayor capacidad. Asimismo serán la base para separar otros datos de interés como la presencia de núcleos urbanos, o la correlación de un uso con otras variables tales como la presencia de fauna.

- *Núcleos urbanos*: Servirán para imponer restricciones al paso de la carretera por su interior o proximidades.

- *Fauna*: El fin es situar zonas tales como enclaves donde existan especies protegidas o de interés faunístico por otras razones.

- *Zonas protegidas por la ley*: Restringirán total o parcialmente el paso de la carretera por su interior.

- *Litología, geomorfología y geotecnia*: Se intenta hallar los puntos de mayor aptitud técnica para soportar el paso de la estructura, atendiendo a la capacidad portante y a las características de desmontes y terraplenes.

2.2. Recopilación de la información existente

Se ha utilizado la siguiente información cartográfica:

Mapas del Servicio Geográfico del Ejército 1/50.000, hojas números: 503, 504, 533, 534, 558, 559.

Mapas de usos del suelo de la Cátedra de Proyectos de la E. T. S. I. de Montes 1982, escala 1/50.000, hojas números: 503, 504, 533, 534, 558, 559.

Mapas de cultivos y aprovechamientos del Ministerio de Agricultura, 1982, escala 1/5.000, hojas números: 503, 504, 533, 534, 558, 559.

Mapas geológicos del Instituto Geológico Minero de España, escala 1/50.000, hojas números: 508, 509, 533, 534, 558, 559.

Mapas geotécnicos del I. G. M. de España, de escala 1/200.000, hojas números: 38 y 45.

Mapas de la Comunidad Autónoma de Madrid, 1/100.000, Servicio Cartográfico Regional de la C.A.M., 1992, actualizados por vuelo fotogramétrico de 1991. Hojas números: 1, 2 y 3.

Atlas de espacios naturales y recursos culturales de interés para el trazado de las carreteras del Estado. M.O.P.U. 1992.

2.3. Descripción de los elementos inventariados

En este apartado se hará la descripción de los elementos directamente inventariados.

Altimetría

La altimetría se obtuvo de los mapas topográficos 1/50.000 del S. G. del Ejército, hojas 508, 509, 533, 534, 558, 559, elaborándose un mapa en el que se dibujaron las curvas de nivel de 100 en 100 metros.

Esto se hizo para tener en cuenta el relieve en la descripción del medio y para elaborar el modelo digital del terreno, como se verá en el apartado posterior "Elaboración de los datos".

Unidades de paisaje

Según Ramos et al 1984, la división del paisaje puede establecerse tomando como base:

- Unidades irregulares extensas.
- Unidades regulares.
- Combinaciones de ambas.

Los valles de montaña forman unidades visualmente cerradas lo que facilita enormemente su clasificación en unidades irregulares. Tratándose en nuestro caso de una zona predominante montañosa se ha optado por este método frente a los combinados por su mayor complejidad.

Las unidades irregulares extensas se establecen atendiendo a los aspectos visuales, o de carácter de los factores considerados como definitorios del paisaje. Se suponen homogéneas, tanto en su valor paisajístico como ante su respuesta visual ante posibles actuaciones.

Estas unidades se forman siguiendo criterios visuales, es decir, son "zonas autocontenidas desde diferentes puntos de visión a modo de cuencas visuales".

Para ello se ha seguido el método de los "compartimentos" por ajustarse a la zona de estudio: "Se considera el paisaje como constituido por una serie de compartimentos que pueden caracterizarse como singularidades tipo de límite y contenido visual. Se definen estos espacios como áreas de la superficie terrestre bordeadas por líneas o volúmenes de forma que todos los puntos que contienen son visibles. Según esta definición los "espacios visuales" o "compartimentos" han de ser necesariamente cóncavos".

"En zonas montañosas con cuencas y divisorias claramente marcadas, la definición de las unidades puede partir de un fuerte apoyo topográfico; así, las divisorias de aguas sirven para definir los límites de cada unidad".

Así pues, se han formado las distintas unidades buscando unidades visualmente cerradas, basadas en la topografía del terreno.

Las divisorias de aguas han sido el mayor apoyo en la determinación de las unidades finalmente obtenidas.

Ha sido necesario recurrir a apoyos topográficos más marcados para cerrar algunas unidades, especialmente aquéllas situadas en las estribaciones de la Sierra, pero así se ha podido mantener la homogeneidad del criterio en la división de todas las unidades.

Las unidades se cartografiaron sobre los mapas topográficos 1/50.000 del S.G. del Ejército, hojas 508, 509, 533, 534, 558, 559.

La dificultad en la determinación de las cuencas visuales se ha visto incrementado en el piedemonte y en el sector Suroeste de la Sierra. A medida que nos alejamos de los valles serranos más marcados, el apoyo topográfico se vuelve más impreciso.

En la fase siguiente "elaboración de los datos", se asignan valores y significado a las distintas unidades de paisaje definidas.

Usos del suelo

Los usos del suelo se determinaron a partir del mapa de usos del suelo de la Cátedra de Proyectos de la E.T.S.I. de

Montes 1982, escala 1/50.000, hojas 508, 509, 533, 534, 558, 559.

Se han distinguido los siguientes usos del suelo:

1. Bosque de galería.
2. Cultivos agrícolas.
3. Mosaico de cultivo matorral.
4. Matorral.
5. Bosque esclerófilo.
6. Rebollares y fresnedas.
7. Robledales, hayedos, abedulares, castañares y otras frondosas
8. Enebrales y sabinares.
9. Pinares.
10. Pastos y praderas.
11. Embalses de agua.
12. Suelo urbano.

Litología

Desde el punto de vista litológico se han diferenciado los siguientes sustratos:

- . Granito biotítico.
- . Granito dos micas.
- . Lehn granítico.
- . Gneiss glandular.
- . Cuarcitas-pizarras.
- . Arcosas.
- . Arenas, margas, calizas.

Geotecnia

Siguiendo el mapa geotécnico del I. G. M. de España 1/200.000, hojas 36 y 45, distinguiremos tres zonas desde el punto de vista constructivo:

- Favorable.
- Aceptable.
- Desfavorable.

. La zona favorable se corresponde con las arcosas de la Facies Madrid, aunque localmente pueden aparecer problemas de tipo geotécnico, geomorfológico o litológico. Buenas capacidades de carga sin que aparezcan asentamientos, no suelen darse desmoronamientos.

. La zona aceptable se identifica como la superficie que va desde el límite de las arcosas hasta la cota de 1.200 m., donde, como se verá, empieza la tercera zona.

Las características constructivas son, pues, aquí de tipo medio debido a la irregular composición litológica, ya que se mezclan de forma caótica gravas, arenas, arcilla y limo, de manera que las características mecánicas del terreno pueden variar bruscamente, tanto en sentido vertical como horizontal. También pueden aparecer asientos totales, medios y, eventualmente, diferenciales.

. La zona constructivamente considerada desfavorable, es originada por la acusada morfología, con pendientes del 20 al 40 por ciento (localmente mucho mayores) y a esto hay que sumar abundantes depósitos de materiales sueltos, generalmente de tamaño apreciable y procedentes de la alteración de las rocas circundantes, así como zonas de fallas o influenciadas por ellas.

Como se ha dicho se considera esta zona como la superficie por encima de la cota de 1.200 m.

Vías de comunicación

Las desglosaremos en carreteras y ferrocarril.

Carreteras

. Autopistas:

A- 6, Autopista del Noroeste.

. Carreteras nacionales:

N - VI de Madrid a La Coruña y Ferrol.

. Carreteras comarcales:

C - 600 de Navacerrada a Navalcarnero por El Escorial y Brunete.

C - 601 de Madrid a El Pardo.

C - 607 de Madrid a Guadarrama por Colmenar Viejo y Navacerrada.

Una buena red de carreteras locales en buen estado de pavimentación que hacen accesibles los distintos núcleos urbanos de la zona.

Ferrocarril

Hay ferrocarril de vía ancha normal, electrificado y de vía estrecha:

- Ferrocarril Madrid-Segovia.
- Ferrocarril Madrid-Ávila
- Línea de ferrocarril Madrid-Irún.
- Ferrocarril Madrid-Burgos.

Fauna

La fauna más valiosa y necesitada de protección reside en el Monte del Pardo, que como se verá en el apartado siguiente es zona de exclusión al paso de la carretera.

Aparte de dicha zona de protección no se inventarió ningún enclave de restricción al paso de la vía, lo que no quiere decir que no sea un factor que se esté teniendo en cuenta, pues la fauna tiene un hábitat, está directamente relacionada con la vegetación por lo cual si protegemos los hábitats más valiosos, estaremos protegiendo indirectamente a la fauna.

Núcleos urbanos

En el mapa "Usos del suelo", aparecen los siguientes núcleos urbanos:

- Navacerrada.
- Becerril de la Sierra.
- El Boalo.
- Manzanares el Real.
- Soto del Real.
- Moralarzal.
- Colmenar Viejo.
- Hoyo de Manzanares.
- Torrelodones.

Además aparecen diversas urbanizaciones y polígonos industriales que se han englobado dentro de núcleos urbanos.

Zonas protegidas

Toda la zona de estudio se halla comprendida dentro del Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares, creado debido a las demandas de protección por parte de la sociedad a mediados de los ochenta, y cuya gestión actual es competencia de la Comunidad de Madrid. Dentro de dicho parque se incluye el Monte del Pardo, que está sometido a su vez a un régimen de protección mucho más estricto, estando incluso prohibido el acceso del público a gran parte de su superficie.

El parque de la Cuenca Alta del Manzanares nace como un medio para comunicar mediante un "pasillo verde" al Monte del Pardo con la Sierra.

El Monte del Pardo ha gozado de protección pública desde los tiempos de Alfonso VI, cuando se declaró Real Sitio de Caza, hasta nuestros días ya bajo otra forma jurídica. El hecho de que fuera Real Sitio de Caza permitió que no fuera absorbido por la ciudad y que pudiera llegar a hoy como un ejemplo de bosque mediterráneo situado en el borde mismo de la capital, formando un encinar de llanura, unas veces

más cerrado y otras más adhesionadas. La encina se presenta a veces con el alcornoque; también existe una zona de bosque de galería y otra de cultivos y aprovechamientos tradicionales.

Lo más importante, desde el punto de vista natural, del Pardo es la fauna, indisolublemente unida al resto del ecosistema. En efecto, en su interior podemos encontrar especies gravemente amenazadas de extinción como el Águila imperial (*Aquila heliaca adalberti*), el Elanio azul (*Elanus caeruleus*), Búho real (*Aquila chrysaetos*), Águila perdicera (*Hieräetus fasciatus*), Buitre negro (*Aegypius monachus*), Buitre leonado (*Gyps fulvus*) y se citan como de paso grullas, gansos y la Cigüeña negra.

3. ELABORACIÓN DE LOS DATOS

3.1. Descripción del proceso

Como ya se ha comentado en la introducción al hablar de la metodología, el presente artículo es un estudio cuyo objetivo es determinar el trazado de un corredor que, uniendo dos puntos predeterminados, sea precisamente el de mínimo impacto ambiental a través del territorio, desarrollándose el estudio utilizando el método de división en sectores.

La idea es asignar a cada sector un valor, con el significado anterior, por pertenecer a cada una de las categorías de los mapas temáticos, y posteriormente asignarle el valor definitivo de "grado de oposición" que será la suma ponderada de los valores anteriores.

Esto se ha realizado a través de una serie de fases:

1. Elaboración de mapas temáticos. (Inventario)
2. Valoración de los mapas (creación de los mapas de oposición y de restricciones).
3. Ponderación de los mapas (asignación de peso a cada mapa de oposición).
4. División de los mapas en sectores (superposición a ellos de una malla).
5. Asignación de valor suma ponderada a cada uno de los sectores:

$$I_i = \sum_c \text{peso}_c \cdot \text{val}_{ci}$$

Donde:

I: índice de cada punto.

i: punto del territorio.

c: cada una de las coberturas o mapas temáticos valorados y multiplicados por su peso.

6. Determinación del camino de mínima oposición.

Valoración de los mapas

Valorar los mapas según el "grado de oposición" que presenten frente a la construcción de una carretera, consiste en traducir lo que representa para cada una de las categorías de los mapas temáticos, el paso de la carretera. Por ejemplo, en el mapa de usos de suelo, resulta menos adecuado que la carretera pase por un bosque de galería que por una zona de matorral, por lo que el grado de oposición de la primera es mayor. La valoración se puede fijar en una escala de 1 a 10 para simplificarla.

Este paso es el que compromete más el resultado final del estudio y debe hacerse basándose en un conocimiento profundo del terreno y de los efectos que la vía produce en cada elemento del medio.

El resultado de este paso es una serie de mapas que se han denominado mapas de oposición.

En el presente estudio son:

- . Mapa de oposición de unidades de paisaje ("Mapa de oposición 1").
- . Mapa de oposición de usos del suelo ("Mapa de oposición 2").
- . Mapa de oposición geológico ("Mapa de oposición 3").
- . Mapa de oposición por cercanía a núcleos urbanos ("Mapa de oposición 4").
- . Mapa de oposición de pendientes ("Mapa de oposición 5").

Todos ellos se presentan como el resultado de imprimir en papel las imágenes "raster" correspondientes.

Ponderación de los mapas

Ponderar los mapas consiste en multiplicar cada mapa de oposición por su peso relativo, si es que lo tiene; esto puede hacerse cuando se considera que la importancia que debe darse a un elemento (por ejemplo unidades de paisaje o uso del suelo) es superior a otro, por lo que su peso relativo es diferente. Se multiplican, por tanto, los distintos mapas de oposición por sus respectivos pesos.

División en sectores

Como se indicó desde el principio, este estudio se basa en la división en sectores del territorio. Para ello se superpone a cada uno de los mapas de oposición una malla, que en este caso será cuadrada, de forma que el valor que se asigna a cada unidad de la malla, es el de la categoría del mapa temático sobre el que está superpuesta.

En el presente caso se escogió una malla de 100 m de lado, (a la escala de trabajo 1/50.000, corresponden dos milímetros de lado), lo que da un cuadrado unidad de una hectárea de superficie.

Asignación de valor a los sectores

Consiste en superponer los mapas del apartado anterior, sumando los valores que cada zona del territorio tiene asignado en cada mapa de oposición. Se pretende que cada punto del terreno (en realidad, sector) tenga un índice que viene representado por la función:

$$I_i = \sum_c \text{peso}_c \cdot \text{val}_{ci}$$

c = cada una de las coberturas o mapas temáticos valorados y multiplicados por su peso.

i = punto del territorio.

Determinación del camino de mínima oposición

Se elabora una función de costes a partir del punto inicial de la carretera, cuyo coste será cero, y se hace pasar la carretera por puntos que tengan índice mínimo, uniendo los puntos A, inicial, y B, final, conocidos.

Utilización del S.I.G. en el proceso

Para conseguir completar los pasos descritos anteriormente se utilizó el S.I.G. "IDRISI", que resulta de fácil manejo y tiene los comandos necesarios para alcanzar los objetivos del estudio.

En la utilización de cualquier S.I.G. se siguen una serie de pasos que se pueden esquematizar de la forma siguiente (Bosque 1994):

1. Introducción de los datos espaciales en el ordenador.
2. Creación de una base de datos que conserve sus características de modo económico y coherente.
3. Gestión y manipulación para interrogar a la base de datos.
4. Análisis y generación de nueva información a partir de la ya incluida en la base de datos.
5. Representación cartográfica (y por otros medios) de los datos.

Introducción de los datos en el ordenador (digitalización)

La digitalización es la etapa de entrada de datos en el S.I.G. Cada elemento de un mapa temático lleva asociado un código arbitrario o adecuado a la nomenclatura que se desee; en el caso de las curvas de nivel el código será la

altitud de la misma. Es en este momento cuando se crea topología, es decir, se define al digitalizar qué valores quedan a la derecha y a la izquierda de las líneas que se van dibujando.

Hay que indicar que la digitalización es un proceso laborioso, en el que los polígonos inicialmente digitalizados deben ser corregidos, uno a uno, en una fase posterior. Es imprescindible el trabajar de forma meticulosa para que la información introducida desde el mapa a la memoria del ordenador, y que constituye el origen de la base de datos de todo el trabajo posterior, sea lo suficientemente precisa, como para representar la realidad sin errores de precisión que invalidarían todos los resultados posteriores.

La digitalización se ha llevado a cabo con el programa TOSCA, incluido en IDRISI, y con ayuda de una tableta digitalizadora, de modo que los datos introducidos lo están en la forma vectorial.

Creación de la base de datos

Conversión a imagen "raster"

Aunque los datos introducidos están en la forma vectorial, IDRISI es un S.I.G. "raster" y por lo tanto la primera operación a realizar es la conversión de los mapas digitalizados a formato "raster".

El modelo de datos "raster" representa digitalmente la información espacial de un modo diferente, y en cierto modo complementario, al vectorial. Ahora lo que se codifica en el ordenador es el contenido de los objetos en lugar de sus límites exteriores como se haría en el caso vectorial.

Para ello el procedimiento consiste en superponer al mapa a representar una rejilla formada por unidades regulares, generalmente cuadrados o rectángulos, con lo cual el espacio geográfico queda dividido en forma sencilla y regular y, por ello, fácil de representar.

Mapas de oposición

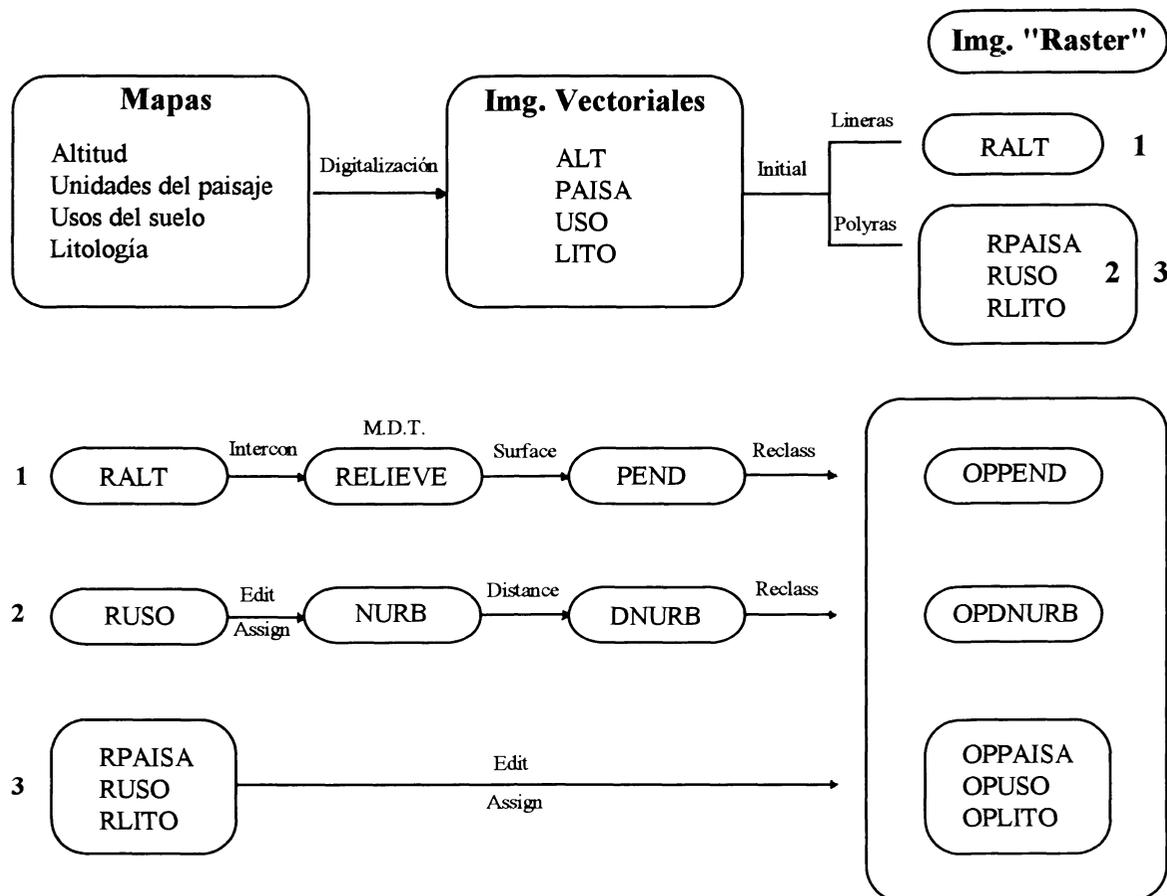
Los siguientes pasos son la creación del modelo digital del terreno y la asignación de valores con el significado de "grado de oposición al paso de la carretera" a cada uno de los mapas.

Manipulación de la base de datos, resultado final

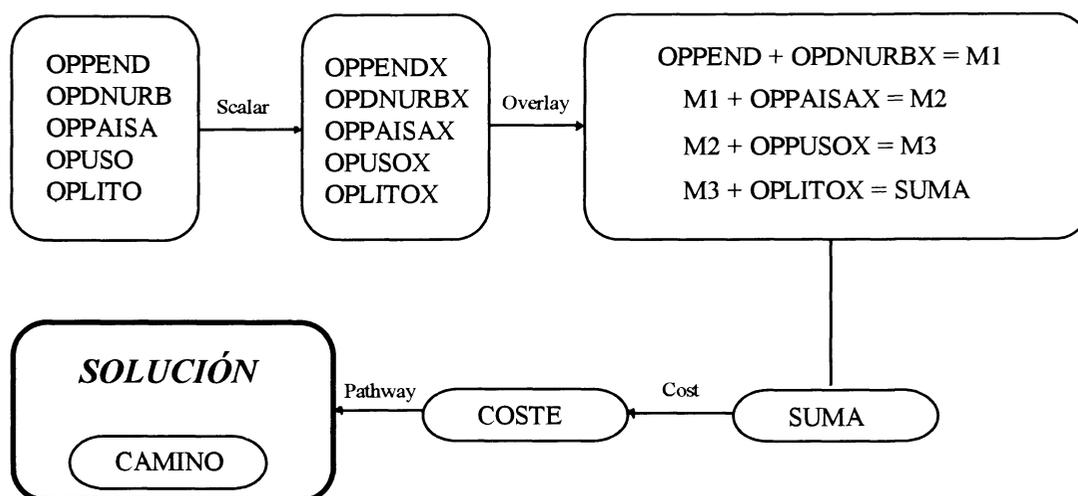
Una vez obtenidos todos los mapas que definen un punto del terreno sólo queda superponerlos, de manera que cada punto tenga un valor suma de todos los anteriores.

El proceso seguido queda esquematizado en el siguiente fluxograma:

Esquema de la utilización del S.I.G.



Mapas de oposición



3. 2. Elaboración de los mapas de oposición

En este apartado se asignará a cada una de las categorías de los mapas temáticos un valor que signifique su "grado de oposición al paso de la carretera", según lo expuesto anteriormente.

Mapa de oposición de las unidades de paisaje

Las unidades se caracterizaron y valoraron de acuerdo con los siguientes cuatro parámetros:

- Diferencia de cotas.

- Complejidad topográfica.
- Vegetación.
- Actuaciones humanas.

Diferencia de cotas

La Sierra está situada en el centro de la Meseta, paisaje muy plano y monótono. Es patente el contraste que para un habitante de la Meseta produce la contemplación de un paisaje montañoso, de manera que valorará más una vista, supuesta la igualdad de otras circunstancias, cuanto mayor sea su diferencia de cotas.

Desarrollando esta idea se considera la clasificación de cada una de las unidades de paisaje dentro de alguna de estas cuatro categorías:

Categoría	Diferencia de Cotas (m)	Valoración
Categoría I	Baja. (0 - 200)	2
Categoría II	Media. (200 - 600)	4
Categoría III	Media - alta (600 - 1.000)	8
Categoría IV	Muy alta. Más de 1.000	10

Según este criterio, por tanto, una unidad de paisaje puede presentar desde valor 2 hasta 10.

Complejidad topográfica

Atiende a las siguientes tres categorías:

. Categoría I:

Complejidad topográfica escasa. Unidades de accidentes topográficos muy poco marcados o nulos. Curvas de nivel regulares y muy distanciadas entre sí.

. Categoría II:

Complejidad topográfica media. Unidades con características intermedias. La forman, en general, valles con pendientes regulares. Unidades de las estribaciones de la Sierra con un relieve poco pronunciado, lomas, cerros, etc.

. Categoría III:

Complejidad topográfica elevada. Unidades de relieve escarpado. Curvas de nivel próximas con abundantes irregularidades.

Se ha comprobado en la inventariación que, si bien, la clasificación presenta problemas en la definición, es muy potente a la hora de dividir las unidades que se adaptan perfectamente a este esquema.

En cuanto a la valoración de cada categoría, los valores asignados han sido:

Categoría	Valoración
Categoría I	1
Categoría II	3
Categoría III	5

Por tanto en cuanto a complejidad topográfica una unidad puede tener valor desde 1 hasta 5.

Vegetación

En este caso, a diferencia del enfoque que se ha dado al valorar los usos del suelo, la vegetación se ha considerado desde un punto de vista puramente estético sin atender a sus cualidades ecológicas tales como la proximidad al clímax u otras.

Se diferenciaron las siguientes cuatro categorías:

. Categoría I:

- Predominio de cultivos agrícolas.
- Predominio de pastizal puro.
- Predominio de matorral con pastos.
- Predominio de matorral puro.

. Categoría II:

- Pastos y matorrales con masas arboladas dispersas.
- Predominio de pastizal con masas arboladas dispersas.
- Predominio de matorral con masas aisladas de pino y melojo.

. Categoría III:

- Pinares.
- Encinares.

. Categoría IV:

- Melojares.
- Pinar y melojar.
- Pinar y melojar combinado con otras especies.

La valoración de cada una de las categorías es la que señala el cuadro adjunto. Por tanto en cuanto a la vegetación, el valor de la unidad de paisaje puede oscilar desde un mínimo de 2 a un máximo de 10.

Categoría	Valoración
Categoría I	2
Categoría II	4
Categoría III	8
Categoría IV	10

Actuaciones humanas

Se considera que cuanto más abundantes sean las actuaciones humanas en una unidad de paisaje, menor será su calidad, y por tanto será más adecuada para que la carretera pase por ella.

Se han distinguido las siguientes cuatro categorías:

. Categoría I:

Unidades con fuerte presión humana. Se caracterizan por la frecuente aparición de núcleos urbanos extensos y la amplia red de comunicaciones.

. Categoría II:

Unidades de mediana presión humana. Presentan núcleos urbanos dispersos de pequeño y mediano tamaño. Importante red de comunicaciones.

. Categoría III:

Unidades con escasa presión humana. Pequeños núcleos urbanos aislados. Los atraviesan esporádicamente vías de comunicación.

. Categoría IV:

Nula presión humana. Atravesados a lo sumo por vías de comunicación de forma esporádica, no presentando núcleos urbanos significativos.

La valoración de cada una de las categorías es la siguiente:

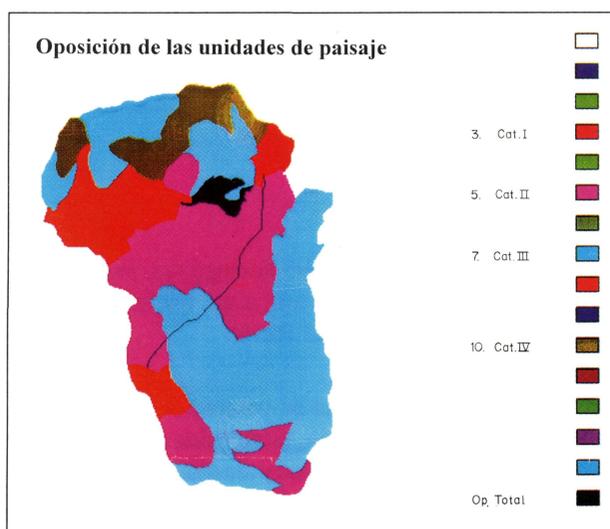
Categoría	Valoración
Categoría I	1
Categoría II	3
Categoría III	7
Categoría IV	10

Valoración global de las unidades de paisaje

La valoración global de las unidades de paisaje, se obtiene sumando todos los conceptos anteriores: valoración por diferencia de cotas, complejidad topográfica, vegetación e influencia humana.

El valor final obtenido, es el valor de "grado de oposición de la unidad de paisaje al paso de la carretera".

Los valores que pueden tener las unidades van desde 6, que es el mínimo, hasta 35 que será el valor máximo. Este intervalo se ha agrupado en cuatro categorías:

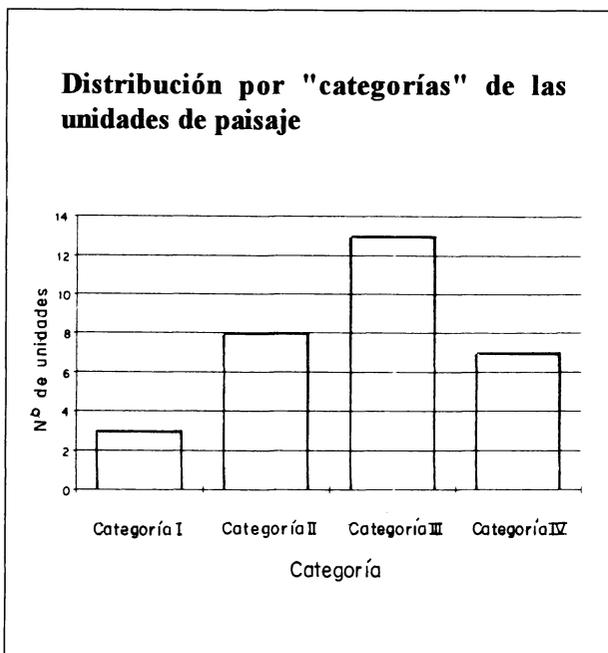


- Categoría I: hasta 12.
- Categoría II: entre 12 y 18.
- Categoría III: entre 18 y 27.
- Categoría IV: entre 27 y 35.

Se obtiene la siguiente distribución:

Categoría	Valoración
Categoría I	3
Categoría II	8
Categoría III	13
Categoría IV	7

Distribución por "categorías" de las unidades de paisaje



Aunque la distribución es poco homogénea, predominan las unidades de las categorías más altas, que se localizan o en la Sierra o en el Monte del Pardo.

Para homogeneizar la escala de valoración con la de los siguientes mapas de oposición, establecida entre 1 y 10, se realizó una última reclasificación y reasignación de valores de manera que la valoración definitiva de las unidades de paisaje fue la siguiente:

Categoría	Valoración
Categoría I	2
Categoría II	4
Categoría III	8
Categoría IV	10

Valoración del grado de oposición de los usos del suelo

Corresponde este apartado a la valoración de la oposición de los usos del suelo. Para ello se asignó un valor numérico a cada uno de los usos con el significado de "grado de oposición al paso de la carretera".

La oposición al trazado se ha valorado de 1 a 10, de manera que 1 representa la oposición mínima, y la presencia de la

carretera no tiene consecuencias perjudiciales; por el contrario, 10 representa la oposición máxima e indica la existencia o efecto de impactos importantes. El símbolo ∞ , tiene el significado de "oposición total", es decir, el uso es incompatible con el paso de la vía.

En los usos inventariados, la valoración ha sido la siguiente:

Uso del Suelo	Valoración
Bosque de galería	∞
Cultivo agrícola	2
Mosaico cultivo - matorral	1
Matorral	1
Bosque esclerófilo	9
Rebollares y fresnedas	10
Robledales, hayedos, abedulares	10
Enebrales	5
Pinares	8
Pastos y praderas	2
Embalses	∞
Urbano	∞
Monte del Pardo (zona protegida)	∞

Valoración del grado de oposición de la litología

Relacionamos en el presente estudio la litología con las condiciones constructivas que presenta.

En el inventario desde el punto de vista de la aptitud constructiva se habían definido tres grandes áreas:

- Buenas condiciones constructivas.
- Aceptables condiciones constructivas.
- Desfavorables.

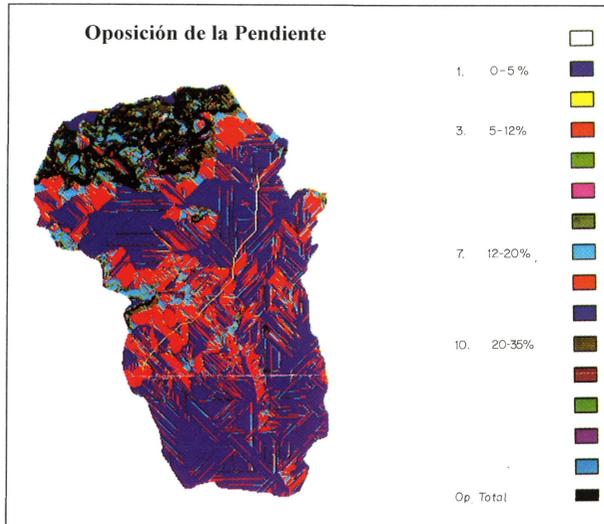
La valoración del grado de oposición de cada una de las superficies fue la siguiente:

Condiciones Constructivas	Valoración
Buenas	1
Aceptables	5
Desfavorables	10

Si la relación se establece directamente con la litología:

Tipo de Sustrato Rocoso	Valoración
Granito biotítico (cota inferior a 1.200 m)	5
Granito biotítico (cota superior a 1.200 m)	10
Granito dos micas (cota inferior a 1.200 m)	5
Granito dos micas (cota superior a 1.200 m)	10
Gneis glandular (cota inferior a 1.200 m)	5
Gneis glandular (cota superior a 1.200 m)	10
Arenas - margas - calizas	5
Arcosas	1

Valoración del grado de oposición de la pendiente



Se ha agrupado la pendiente en los siguientes intervalos, que se han valorado de la forma en la que indica el cuadro resumen.

Intervalos de Pendiente (%)	Valoración
0 - 5	1
5 - 12	3
12 - 20	7
20 - 35	10
p > 35	∞

Se considera en el presente estudio que la carretera no pasará por aquellos puntos cuya pendiente sea superior al 35%

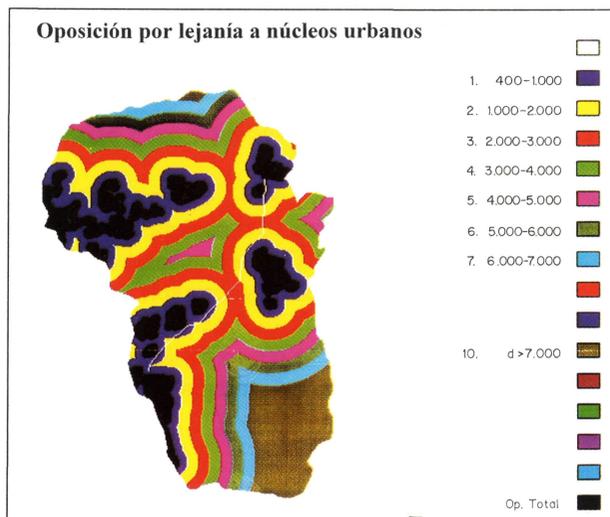
Restricción de cercanía - lejanía a núcleos urbanos

En el presente modelo se ha obligado al trazado de la carretera a alejarse 400 m de los núcleos de población con el fin de evitar molestias a sus habitantes. Además se ha considerado que, respetando dicha franja, el trazado será más favorable cuanto más se acerque a un núcleo urbano, ya que le prestará servicio y, por otro lado, cuanto más cerca más baratos serán los accesos.

Para ello los puntos del terreno se valoraron con su "grado de oposición al trazado" de acuerdo al siguiente esquema:

Distancia al Núcleo de Población (metros)	Valoración
0 - 400	∞
400 - 1.000	1
1.000 - 2.000	2
2.000 - 3.000	3
3.000 - 4.000	4
4.000 - 5.000	5
5.000 - 6.000	6
6.000 - 7.000	7
Más de 7.000	10

Ponderación de los mapas de oposición



En este estudio se ha considerado que no todos los elementos del medio tienen la misma importancia.

Este hecho implica la necesidad de ponderar los distintos mapas temáticos a la hora de sumarlos, de modo que cada uno de los términos de la suma refleje la importancia que a cada elemento se le está dando.

Para determinar los pesos se establecieron cuatro combinaciones cuya comparación sea indiferente, es decir, produzca la misma oposición al trazado. De esta manera se establecen cuatro ecuaciones con cuatro incógnitas cuyas soluciones son los coeficientes de peso buscados.

En el presente modelo no se ha considerado, al establecer los pesos, la restricción de la cercanía - lejanía a los núcleos urbanos y se le ha asignado a priori el peso unidad.

Sea T, el valor de la oposición que se da en los cuatro casos y al que más tarde asignaremos un valor concreto.

Nivel de oposición	Paisaje	Uso	Pendiente	Suelo
(1) T =	α (III) +	β (II) +	δ (II) +	γ (II)
(2) T =	α (IV) +	β (II) -	δ (II)	
(3) T =	α (II) +	β (I) +	δ (IV)	
(4) T =	α (I) +	β (III) +	δ (I)	

Los símbolos $\alpha, \beta, \delta, \gamma$, son los pesos, incógnitas a determinar.

T, es el valor de un impacto medio.

(1) refleja que el impacto medio se alcanza con los valores medios de las variables.

(2) indica que la importancia que se le da a la oposición de la unidad de paisaje es menor, ya que el impacto sigue siendo T, cuando uso y pendiente mantienen sus valores medios.

(3) y (4) señalan los pesos relativos entre uso y paisaje.

La ausencia de suelo en (2), (3), y (4), indican que suelo es el factor menos significativo; se considera que al estar la mayor parte de la superficie comprendida entre características constructivas buenas y aceptables, y además al estar causadas las condiciones desfavorables principalmente por la pendiente, que ya ha sido suficientemente ponderada, no es el factor "litología" especialmente limitante.

Asignando a T el valor arbitrario 50 (arbitrario, pero que al ser el impacto medio nos indica que la escala tendrá un máximo alrededor de 100) y sustituyendo los valores de cada clase por aquéllos que le corresponda de las escalas asignadas:

$$50 = 4\alpha + 4\beta + 3\delta + 7\gamma$$

$$50 = 10\alpha + 4\beta + 4\delta$$

$$50 = 4\alpha + 2\beta + 3\delta$$

$$50 = 2\alpha + 8\beta + \delta$$

Resolviendo:

$$\alpha = 1,89$$

$$\beta = 5,38$$

$$\delta = 3,16$$

$$\gamma = 1,62$$

Los resultados confirman las hipótesis previas que se habían hecho sobre la importancia de los pesos de cada elemento.

Haciendo el peso más pequeño igual a 1, se obtienen los nuevos valores:

$$\alpha = 1,16$$

$$\beta = 3,32$$

$$\delta = 1,95$$

$$\gamma = 1$$

que serán los pesos definitivos.

Teniendo en cuenta que el valor máximo de todas las escalas de valoración es 10, se puede concluir que con los pesos anteriores el grado de oposición suma tendrá como máximo el valor:

$$11,6 + 33,2 + 19,5 + 10 + 10 = 84,3$$

Asignación de valor

El valor final de "grado de oposición al paso de la carretera" que tendrá cada sector será:

$$I = 1,16 \text{ "op. de paisaje"} + 3,32 \text{ "op. del uso"} + 1,95 \text{ "op. de la pendiente"} + \text{"op. de litología"} + \text{"restricción"}$$

Es calculado automáticamente por el S.I.G., al superponer los mapas de oposición ponderados por su peso correspondiente.

Conclusiones

.La solución obtenida no atraviesa ninguna zona natural protegida, ni tampoco núcleos urbanos, pero tiende a acercarse a ellos; muestra preferencia por los usos de suelo de menor calidad y atraviesa las unidades de paisaje de

menor calidad, salvo en un pequeño tramo. Además no se sitúa en ningún caso en pendientes superiores al 35% y está toda ella contenida en suelos de características constructivas aceptables.

.La traza determinada no se aleja excesivamente de la de "mínima distancia entre los dos puntos"

.Demuestra, por último, que el S.I.G. implementado con un modelo que se acerque a la realidad, es una poderosa herramienta a la hora de la planificación medioambiental, pues el resultado obtenido pone de manifiesto que es posible diseñar un pasillo por donde discurra la carretera de manera que se cumplan todas las condiciones y restricciones impuestas.

BIBLIOGRAFÍA

BOSQUE J., ESCOBAR J.: (1994). "Sistemas de Información Geográfica: Prácticas con PC ARC / INFO e IDRISI". RA - MA editorial. Madrid.

DUCASSE I., OTERO I.: (1982). "Aproximación basada en datos cartográficos a la evaluación del paisaje en la Sierra de Madrid". Geographica XXVIII: 113-121

MARTÍNEZ FALERO: (1983). "El paisaje natural". Rev. El Campo. Boletín de Información Agraria. Nº 90 abril-mayo.

MONZÓN, A. Y OTROS: (1992). "Método de la ponderación de la traza para la evaluación de impactos ambientales de carreteras". Estudios geográficos. Nº 209: 609-636

M.O.P.U.: (1989). "Guías E.I.A. 1. Carreteras y ferrocarriles". Monografías de la Dirección General del Medio Ambiente.

OTERO PASTOR I.: (1993). "Planificación territorial. Estudio de casos". Fundación del Conde del Valle de Salazar.

OTERO PASTOR I. Y ALCAIDE LÓPEZ M.: (1994). "Utilización de un Sistema de Información Geográfica para encontrar el trazado de una carretera de coste ambiental mínimo". Ponencia en el VI Congreso Internacional de Expresión gráfica en la Ingeniería.

RAMOS ET AL.: (1984). "Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Contenido y metodología". MOPU.

* * *

publicación del IETCC/CSIC

PLACAS

K. Stiglat y H. Wippel

Drs. Ingenieros

Traducción de **Juan Batanero**
Dr. Ingeniero de Caminos

con la colaboración de

Francisco Morán

Ingeniero de Caminos

Este libro, cuidadosa y magníficamente editado, reúne, quizás, la más completa colección conocida de tablas para placas, por los numerosos casos de vinculación y de carga estudiados y por la abundancia de relaciones de dimensión y de datos ofrecidos, que cubren prácticamente todo el campo de las losas en edificación. Permite desarrollar, con comodidad, rapidez y una aproximación suficiente, los cálculos de dimensionamiento y comprobación, obviando las dificultades que como es sabido, presenta el desarrollo numérico de los métodos de cálculo de estos elementos, evitando enojosas operaciones.

Trata la obra sobre «Zonas de Placas», «Placas sobre apoyos puntuales», «Placas apoyadas en dos, tres y cuatro bordes» y «Placas apoyadas elásticamente», tipos que en la actualidad disponían de una documentación, incompleta o nula, para la determinación de esfuerzos. Los corrimientos de la placa, como valores previos para la determinación de los momentos, han sido obtenidos por medio del Cálculo de Diferencias, método que se ha comprobado como suficientemente satisfactorio, aún en su forma simple, aplicado con un cierto control.

Un volumen encuadernado en tela, de 30,5 × 23,5 cm, compuesto de 92 págs. Madrid, 1968.

Precios: España, 2.500 pts.; extranjero, \$ 36.00.