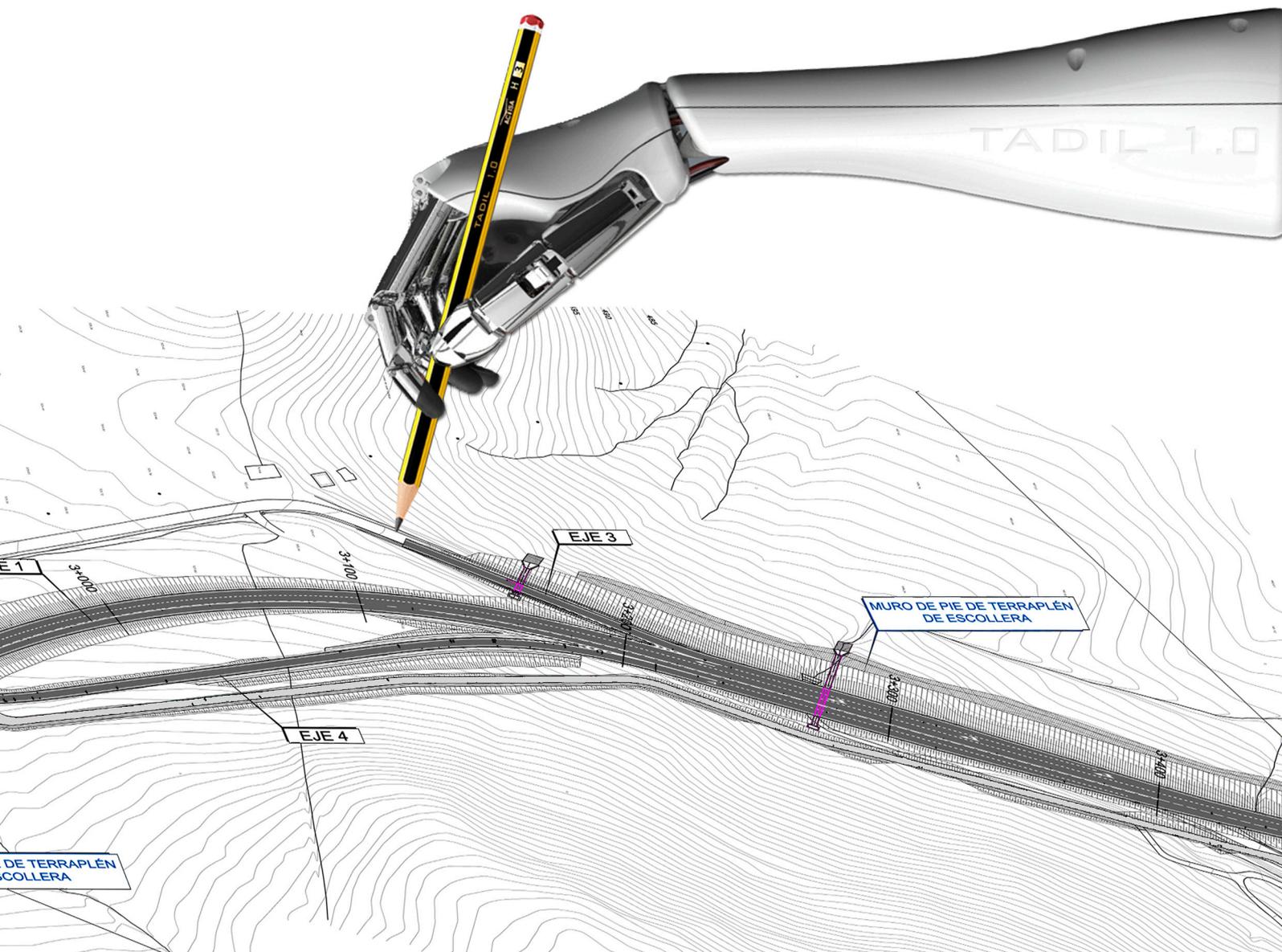


TADIL 1.0

TÉCNICAS DE AUTOTRAZADO
PARA EL DISEÑO DE
INFRAESTRUCTURAS LINEALES

GUÍA METODOLÓGICA DE APLICACIÓN



SOFTWARE T.A.D.I.L.

**TÉCNICAS DE AUTOTRAZADO PARA EL DISEÑO DE
INFRAESTRUCTURAS LINEALES. "TADIL."**

GUÍA METODOLÓGICA DE APLICACIÓN.

PROYECTO TÉCNICAS DE AUTOTRAZADO PARA EL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURAS LINEALES

GUÍA METODOLÓGICA DE APLICACIÓN

EQUIPO DE TRABAJO:

ACTISA:

Salvador Mansilla Vera (Generación de algoritmos, redacción de Guía y Manual),

Juan Añón Izaguirre, (Codificación de software).

Tomás Quesada Jiménez, (Comprobación de software, redacción de manual).

Ángeles Rosa Álvarez, (Programación de funciones en entorno cad)

Salvador Toril Díaz, (Diseño gráfico de interfaz, generación de plantillas de rotulación, secciones de estructuras y túneles comprobaciones en Cad y generación de MDT).

Belén Jiménez Morales, (Traducción de Guías, Manual y Software).

Cristóbal Medina Ballesteros, (Colaboración en algoritmos geométricos).

Nataly García Coello, (Instalación de Software).

María José Sánchez Ibáñez (Administración y gestión del proyecto).

Construcciones Otero, (Colaboración en supervisión de software beta, diseño gráfico y modelo digital del terreno).

Universidad de Málaga:

José Luis Pérez de La Cruz Molina, (Dirección del proyecto).

Lorenzo Mandow Andaluz, (Asesoramiento).

INFORMACIÓN DE CONTACTO:

ACTISA S.L. (Actividades de Consultoría Técnica, Investigación y Servicios Avanzados S.L.).

C/Manuel Roldán Prieto, 3, 2º F. 18140 La Zubia, (Granada).

Teléfono y fax: +34.958.38.92.74

www.actisa.net

correo electrónico. actisa@actisa.net

Registrado de la propiedad intelectual. **Expediente: GR-343-13**

© TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS

PRESENTACIÓN

Con la Guía Metodológica del Software TADIL finaliza el proyecto de investigación denominado Técnicas de Autotrazado para el Diseño de Infraestructuras Lineales. Han sido veinticuatro meses muy intensos que acaban con enorme satisfacción para todos los participantes del proyecto, por cuanto se han definido técnicas en el campo de la inteligencia artificial que han despertado gran interés y que abren un nuevo panorama en el mundo del diseño en el campo de la ingeniería civil.

El desarrollo del proyecto siempre ha ido dirigido a la búsqueda de soluciones informáticas que hicieran más fácil el trabajo del ingeniero proyectista aportándole una visión más amplia del estudio, y con una mayor capacidad productiva en la generación de alternativas y en el estudio del territorio. De la misma forma la introducción de un amplio espectro de parámetros territoriales redundará en la consecución de soluciones mejor integradas y de menor impacto medioambiental.

La presente Guía aporta los conceptos principales para abordar un completo estudio de una infraestructura en el territorio. Se pretende que esta Guía sea lo más accesible para el usuario, explicando con sencillez los términos técnicos de aplicación en TADIL.

La Guía se completa con el *Manual del Software TADIL*, dónde se aborda el manejo del programa sin atender en profundidad a los conceptos de aplicación, y dónde se desarrolla un completo ejemplo de Estudio Previo y Estudio Informativo.

Deseamos que la presente Guía sea del mayor interés para el usuario, para su fácil aplicación al proyecto de obra civil.

Salvador Mansilla Vera y parte del equipo de trabajo.



ÍNDICE.

CAPÍTULO 1. METODOLOGÍA GENERAL.

SUB-CAPÍTULO 0. OBJETO DE LA PRESENTE GUÍA Y ESTRUCTURACIÓN.

- 0. Introducción.*
- 1. Objeto de la presente Guía Metodológica de Aplicación.*
- 2. Estructuración de la presente Guía.*

SUB-CAPÍTULO 1. TIPOS DE ESTUDIO

- 1. Tipos de estudio.*

SUB-CAPÍTULO 2. FASES EN LA DEFINICIÓN DE LOS ESTUDIOS.

- 1. Fases en la generación de un estudio previo.*
- 2. Fases en la generación de un estudio informativo.*

SUB-CAPÍTULO 3. CARTOGRAFÍA Y GESTIÓN DE CAPAS.

- 1. Cartografía.*
- 2. Gestión de capas.*

CAPÍTULO 2. EL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO.

SUB-CAPÍTULO 0. PROCEDIMIENTO.

- 0. Introducción.*
- 1. Metodología.*
- 2. Incidencia en la definición de trazados.*
- 3. Evaluación de alternativas.*

SUB-CAPÍTULO 1. SELECCIÓN DE VARIABLES

- 0. Introducción.*
- 1. Grupos de variables.*
- 2. Relación de Variables.*
- 3. Variables condicionantes y variables cualitativas.*

SUB-CAPÍTULO 2. VARIABLES GEOMORFOLÓGICAS

- 0. Introducción.*
- 1. Variables geomorfológicas.*

SUB-CAPÍTULO 3. VARIABLES GEOTÉCNICAS

0. Introducción.

1. Variables Geotécnicas.

1.1. Variables geotécnicas del movimiento de tierras.

1.2. Variables geotécnicas para túneles.

1.3. Variables geotécnicas para estructuras.

SUB-CAPÍTULO 4. VARIABLES MEDIOAMBIENTALES

0. Introducción.

1. Variables Medioambientales.

1.1. Zonas de protección.

1.2. Fauna.

1.3. Flora.

1.4. Suelos.

1.5. Afecciones hídricas e hidrogeológicas.

1.6. Medio perceptual.

1.7. Permeabilidad para fauna.

SUB-CAPÍTULO 5. VARIABLES CLIMÁTICAS

0. Introducción.

1. Variables Climáticas.

1.1. Fuertes heladas.

1.2. Zonas de umbrías.

1.3. Zonas de fuertes tormentas.

1.4. Zonas de lluvias intensas.

1.5. Zonas de nevadas.

1.6. Zonas de fuertes vientos.

1.7. Zonas de frecuentes nieblas

SUB-CAPÍTULO 6. VARIABLES SOCIOECONÓMICAS

0. Introducción.

1. Variables Socioeconómicas.

1.1. Sector primario.

1.2. Sector secundario.

1.3. Sector terciario.

SUB-CAPÍTULO 7. VARIABLES PATRIMONIALES

0. Introducción.

1. Variables patrimoniales.

1.1. Montes Públicos.

1.2. Suelos urbanos

1.3. Suelos urbanizables.

1.4. Suelos no urbanizables.

1.5. Delimitación de yacimientos arqueológicos.

1.6. Delimitación de zonas de especial interés.

1.7. Cruce de Vías Pecuarias.

1.8. Cruce de Infraestructuras lineales.

1.9. Zonas de ocupación de infraestructuras públicas.

1.10. Explotaciones mineras.

SUB-CAPÍTULO 8. ESTRUCTURAS

0. Introducción.

1. Estructuras.

SUB-CAPÍTULO 9. PLANOS TEMÁTICOS.

0. Introducción.

1. Implementación de áreas.

2. Generación de planos temáticos.

CAPÍTULO 3. PARTIDAS DE OBRA Y PRECIOS.

SUB-CAPÍTULO 0. PROCEDIMIENTO.

0. Introducción.

1. Metodología.

2. Incidencia en la definición de trazados.

3. Evaluación de alternativas.

SUB-CAPÍTULO 1. GRUPO 1 DE PARTIDAS. MEDICIÓN DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL.

0. Introducción.

1. Partidas.

2. *Desbroce.*
3. *Excavaciones.*
4. *Rellenos.*
5. *Materiales de firme procedentes de planta.*
6. *Cunetas.*
7. *Muros*

SUB-CAPÍTULO 2. GRUPO 2: PARTIDAS DE OBRA CON MACRO-PRECIOS.

0. *Introducción.*
1. *Partidas con macro-precios.*
3. *Estructuras.*
4. *Túneles.*
5. *Macro-precios que no van vinculados al sistema de Información Geográfico.*

SUB-CAPÍTULO 3. PARTIDAS PARA LA VALORACIÓN DE LAS EXPROPIACIONES.

0. *Introducción.*
1. *Valoración de la producción.*
2. *Valoración del suelo.*

CAPÍTULO 4. SECCIONES TIPO.

SUB-CAPÍTULO 0. PROCEDIMIENTO.

0. *Introducción.*
1. *Metodología.*

SUB-CAPÍTULO 1. DEFINICIÓN DE CUNETAS

0. *Tipologías de cunetas contempladas por el software TADIL*
1. *Cunetas triangulares.*
2. *Cunetas trapezoidales.*

SUB-CAPÍTULO 2. DEFINICIÓN DE LA SECCIÓN TIPO.

0. *Tipologías de secciones tipo.*
1. *Definición de la sección tipo simple.*
2. *Definición de la sección tipo doble.*

2.1. Sección de autopista o autovía.

2.2. Sección doble sin mediana.

CAPÍTULO 5. PRESUPUESTO Y RENTABILIDAD

SUB-CAPÍTULO 0. PROCEDIMIENTO.

0. Introducción.

1. Metodología.

SUB-CAPÍTULO 1. OBTENCIÓN DEL PRESUPUESTO

1. Relación de macro-precios.

2. Presupuesto base de licitación.

3. Presupuesto para conocimiento de la administración.

SUB-CAPÍTULO 2. ESTUDIO DE RENTABILIDAD

1. Estudio de rentabilidad.

1.1. Procedimiento.

1.2. Costes de accidentes.

1.3. Costes de funcionamiento.

1.4. Costes de tiempo.

1.5. Ponderación de costes.

1.6. Gastos de explotación, conservación de la carretera, seguros, peajes y subvenciones.

1.7. Estudios de rentabilidad

1.7.1. La Tasa de Actualización, el IPC y el coeficiente de revisión de precios.

1.7.2. IVA ó VAT.

1.7.3. Cálculo de la Rentabilidad privada.

1.7.4. Rentabilidad general o social.

1.7.5. Obtención de listados.

CAPÍTULO 6. VALORACIÓN Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

SUB-CAPÍTULO 0. PROCEDIMIENTO.

0. Introducción.

1. Metodología.

SUB-CAPÍTULO 1. VALORACIÓN DE TRAZADO

1. *Variables de trazado que se valoran.*
2. *Valoración del diseño del trazado en planta.*
3. *Valoración del trazado en alzado*
4. *Tiempo de recorrido.*
5. *Volumen de movimiento de tierras.*
6. *Compensación de tierras.*
7. *Ponderación*

SUB-CAPÍTULO 2. VALORACIÓN DE LA GEOTECNIA

1. *Variables de trazado que se valoran.*
2. *Estabilidad horizontal del terreno.*
3. *Estabilidad de taludes de desmonte.*
4. *Valor de CBR.*
5. *Valoración de aprovechamientos.*
6. *Excavabilidad*
7. *Protección de taludes*
8. *Ponderación.*

SUB-CAPÍTULO 3. VALORACIÓN DE LA CIMENTACIÓN DE ESTRUCTURAS, TÚNELES Y MUROS.

1. *Variables que se consideran.*
2. *Cimentación de estructuras.*
 - 2.1. *Tipología de cimentaciones.*
 - 2.2. *Procedimientos de excavación.*
 - 2.3. *Cimentación pasos inferiores.*
 - 2.4. *Presencia de agua.*
 - 2.5. *Valoración ponderada geotecnia de estructuras.*
3. *Valoración de túneles.*
 - 3.1. *Variable RMR en túneles.*
 - 3.2. *Métodos de excavación en túneles.*
 - 3.3. *Tratamientos específicos.*

3.4. *Valoración ponderada geotecnia de túneles.*

4. *Valoración de muros.*

5. *Valoración ponderada de muros, túneles y estructuras.*

SUB-CAPÍTULO 4. VALORACIÓN DE VARIABLES MEDIOAMBIENTALES, CLIMÁTICAS, SOCIOECONÓMICAS Y PATRIMONIALES.

1. *Variables que se incluyen.*

2. *Valoración de variables medioambientales.*

3. *Valoración de variables climáticas.*

4. *Valoración de variables socioeconómicas*

5. *Valoración de variables patrimoniales*

SUB-CAPÍTULO 5. VALORACIÓN DE LA RENTABILIDAD ECONÓMICA.

1. *Variables que se incluyen.*

SUB-CAPÍTULO 6. VALORACIÓN PONDERADA Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.

1. *Puntuaciones por grupos.*

CAPÍTULO 7. GENERACIÓN DE TRAZADOS.

SUB-CAPÍTULO 0. PROCEDIMIENTO.

0. *Introducción.*

1. *Metodología.*

SUB-CAPÍTULO 1. VARIABLES DE TRAZADO

1. *Selección de tipo de estudio.*

2. *Introducción de zonas de no paso.*

3. *Inicio y fin.*

4. *Geometría del trazado.*

5. *Carretera*

6. *Costes globales.*

7. *Valoración dinámica de alternativas.*

8. *Puntos Target y ejes de visibilidad manuales.*

SUB-CAPÍTULO 2. GENERACIÓN DE TRAZADOS

1. Procedimientos de cálculo de trazados.

2. Procedimiento de generación de alternativas.

SUB-CAPÍTULO 3. SALIDAS

1. Obtención de datos.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1. Comparación de estudio previo y estudio informativo.

Tabla 2-1. Clasificación de variables

Tabla 2-2. TNS – CBR.

Tabla 2-3. Tabla de RMR.

Tabla 2-4. Opciones de sostenimiento que se representan en las secciones transversales.

Tabla 2-5. Asignación de grupos de sostenimiento según RMR.

Tabla 5-1. Ejemplo de datos de consumo de combustible por vehículos pesados

Tabla 5-2. Ejemplo de datos de consumo de combustible por vehículos ligeros.

Tabla 5-3. Ejemplo de ponderación de costes de vehículos ligeros y pesados

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 2-1. Sección convencional tipos de firme en carreteras.

Gráfico 2-2. Esquemas de sección tipo de túnel según geometría y revestimiento por RMR.

Gráfico 2-3. Ejemplo de secciones tipo implementadas en el software.

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 2-1. Arquitectura de software para la selección de grupo de variables geotécnicas.

Imagen 2-2. Arquitectura de software para la selección o la edición de fichas geotécnicas.

Imagen 2-3. Arquitectura de edición de ficha geotécnica. Estructura de Sub-menús.

Imagen 2-4. Arquitectura de ficha geotécnica. Datos generales.

Imagen 2-5. Ficha de taludes.

Imagen 2-6. Opciones para definición de excavabilidad y protección de taludes.

Imagen 2-7. Introducción de capas de firme

Imagen 2-8. Ejemplo de definición de 8 zonas geotécnicas que se engloban en 5 grupos geológicos.

Imagen 2-9. Arquitectura para la edición de fichas.

Imagen 2-10. Ficha geotécnica para túneles.

Imagen 2-11. Métodos de excavación y tratamientos específicos

Imagen 2-12. Cuadro de gálibos en el túnel; a es el margen a considerar por el usuario.

Imagen 2-13. Configuración de túnel con sección circular

Imagen 2-14. Configuración de túnel con sección de herradura.

Imagen 2-15. Configuración de túnel con sección de bóveda

Imagen 2-16. Localización de zona de refuerzo superior en las tres tipologías de túneles

Imagen 2-17. Variables cualitativas para cimentaciones de estructuras.

Imagen 2-18. Arquitectura de menú de selección de grupo de variables medioambientales.

Imagen 2-19. Reserva de la Biosfera.

Imagen 2-20. Lugares de Interés Comunitario

Imagen 2-21. RED NATURA 2000 Zona ZEPA

Imagen 2-22. Plan especial de protección del medio físico

Imagen 2-23. ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS

Imagen 2-24. ATLAS DE ESPACIOS NATURALES

Imagen 2-25. Arquitectura de introducción de clasificaciones, y zonas con valoraciones.

Imagen 2-26. Arquitectura de introducción de clasificaciones, y zonas según fauna.

Imagen 2-27. Ejemplo de distribución de anfibios y reptiles protegidos

Imagen 2-28. Ejemplo de distribución de aves protegidas

Imagen 2-29. Ejemplo de distribución de aves protegidas

Imagen 2-30. Ejemplo de distribución de zonas forestales.

Imagen 2-31. Diseño de menú de introducción de clasificaciones y áreas zonales de flora.

Imagen 2-32. Ejemplo de definición de la edafología de la zona de estudio.

Imagen 2-33. Menú de introducción de suelos.

Imagen 2-34. Selección de variables hídricas o hidrogeológicas

Imagen 2-35. Arquitectura de menú de Dominio Público Hidráulico

Imagen 2-36. Introducción de variables hidrogeológicas

Imagen 2-37. Introducción de zonas de dominio público y cauces.

Imagen 2-38. Zonas de interés paisajístico.

Imagen 2-39. Ejemplo de campo visual obtenido desde mirador en Benahavis.

Imagen 2-40. Menú de definición de campos visuales.

Imagen 2-41. Menú de valoración de los pasos de fauna.

Imagen 2-42. Ejemplo de disposición de pasos de fauna en trazado.

Imagen 2-43. Selección de variables climáticas.

Imagen 2-44. Arquitectura menú zonas de fuertes heladas

Imagen 2-45. Ejemplo de delimitación de zonas según número de días de helada

Imagen 2-46. Arquitectura menú zonas de umbrías

Imagen 2-47. Arquitectura menú zonas de tormentas frecuentes

Imagen 2-48. Ejemplo delimitación de áreas según precipitación anual

Imagen 2-49. Arquitectura menú zonas de lluvias intensas.

Imagen 2-50. Arquitectura menú zonas de nevadas.

Imagen 2-51. Ejemplo de zonas según días con nevadas

Imagen 2-52. Arquitectura menú zonas de fuertes vientos.

Imagen 2-53. Arquitectura menú zonas de nieblas densas.

Imagen 2-54. Ejemplo de zonificación según días de niebla

Imagen 2-55. Selección de sector.

Imagen 2-56. Arquitectura menú de implementación de zonas de sector primario

Imagen 2-57. Arquitectura menú de implementación de zonas de sector secundario

Imagen 2-58. Delimitación de zonas de Sector Terciario.

Imagen 2-59. Arquitectura de selección de variables patrimoniales.

Imagen 2-60. Arquitectura de menú de montes públicos.

Imagen 2-61. Ejemplo de delimitación de zonas de monte público

Imagen 2-62. Arquitectura de software de menú de suelo urbano.

Imagen 2-63. Arquitectura de software de menú de suelo urbanizable.

Imagen 2-64. Arquitectura de software de menú de suelo no urbanizable.

Imagen 2-65. Arquitectura de software de menú de yacimientos arqueológicos

Imagen 2-66. Ejemplo de localización de yacimientos arqueológicos.

Imagen 2-67. Arquitectura de menú de definición de zonas de especial interés.

Imagen 2-68. Arquitectura de menú de definición de vías pecuarias.

Imagen 2-69. Arquitectura de menú de infraestructuras lineales.

Imagen 2-70. Ejemplo de definición de infraestructuras lineales.

Imagen 2-71. Arquitectura menú infraestructuras públicas no lineales.

Imagen 2-72. Arquitectura menú zonas de ocupación por explotaciones mineras.

Imagen 2-73. Selección de ficha de estructuras.

Imagen 2-74. Arquitectura de menú de estructuras.

Imagen 2-75. Se genera un menú para la incorporación de gráficos a asignar a las variables.

Imagen 2-76. La generación de zonas se incluye en un submenú para cada variable.

Imagen 2-77. Como puede verse la iconografía aparece representada en el polígono o área de aplicación de la variable.

Imagen 3-1. Esquema de desbroce.

Imagen 3-2. Menú de desbroce.

Imagen 3-3. Menú de excavaciones.

Imagen 3-4. Menú de rellenos

Imagen 3-5. Menú de firmes procedentes de planta.

Imagen 3-6. Diferentes tipologías de cunetas y de ejecución de las mismas

Imagen 3-7. Menú de generación de precios de cunetas.

Imagen 3-8. Diferentes tipologías de muros.

Imagen 3-9. Diferentes tipologías de puentes prefabricados con vigas artesas o en I.

Imagen 3-10. Ejemplo de puente de losa ejecuta con aligeramientos circulares.

Imagen 3-11. Ejemplo de puente de losa ejecuta con aligeramientos circulares.

Imagen 3-12. Soluciones de estructuras mixtas con vigas metálicas, celosía y cajón.

Imagen 3-13. Diferentes soluciones de estructuras mixtas con arco superior.

Imagen 3-14. Puente postensado in situ de canto constante.

Imagen 3-15. Puente postensado in situ de canto variable.

Imagen 3-16. Puentes atirantados con pizona central.

Imagen 3-17. Puentes arco-atirantado.

Imagen 3-18. Puentes arco metálico.

Imagen 3-19. Puentes arco; imagen superior con arco metálico el inferior con hormigón.

Imagen 3-20. Túnel circular de dovelas y parque de fabricación de dovelas.

Imagen 3-21. Diferentes imágenes de túneles con geometría de bóveda.

Imagen 3-22. Diferentes imágenes de túneles con geometría de herradura

Imagen 3-23. Diferentes imágenes de obra de drenaje transversal.

Imagen 3-24. Diferentes imágenes de paneles de obra.

Imagen 3-25. Diferentes imágenes de señalización horizontal y vertical.

Imagen 3-26. Diferentes imágenes de reposición de servicios en obra.

Imagen 3-27. Detalle de corrección geotécnica en talud.

Imagen 3-28. Detalle de desvío de obra.

Imagen 3-29. Imágenes de infraestructuras con caminos de servicio.

Imagen 3-30. Imágenes de paso de fauna.

Imagen 3-31. Señalización de seguridad y salud en obra.

Imagen 3-32. Ejemplo de mapa de usos

Imagen 3-33. Secano versus regadío.

Imagen 4-1. Geometría de cuneta triangular

Imagen 4-2. Geometría de cuneta trapezoidal.

Imagen 4-3. Menús de cunetas triangulares y trapezoidales

Imagen 4-4. Sección simple tipo, (peraltes transversales escalados).

Imagen 4-5. Ubicaciones posibles de la cuneta

Imagen 4-6. Menú para la introducción de datos en la sección simple.

Imagen 4-7. Sección doble para autovías o autopistas.

Imagen 4-8. Menú para la introducción de datos en la sección doble de autovía o autopista.

Imagen 4-9. Sección doble para autovía sin mediana.

Imagen 4-10. Menú para la introducción de datos en la sección doble sin mediana.

Imagen 5-1. Menú de grupos de macro-precios.

Imagen 5-2. Introducción de macro-precios.

Imagen 5-3. Menú de introducción de datos para obtención del PBL.

Imagen 5-4. Menú de introducción de datos para obtención del PCA

Imagen 5-5. Menú de introducción de datos para cálculo de costes de accidentes.

Imagen 5-6. Menú de introducción de datos de coste de funcionamiento y tiempo

Imagen 5-7. Menú de configuración de tablas de costes de funcionamiento para vehículos ligeros

Imagen 5-8. Menú de configuración de tablas de costes de funcionamiento para vehículos pesados

Imagen 5-9. Menú de introducción de gastos de mantenimiento y rehabilitación

Imagen 5-10. Menú de introducción de datos inherentes al tipo de inversión

Imagen 5-11. Menú de obtención de listados de rentabilidad

Imagen 6-1. Ponderación de variables de trazado.

Imagen 6-2. Ponderación de variables de geotecnia.

Imagen 6-3. Ponderación de variables de geotecnia de estructuras, túneles y muros.

Imagen 6-4. Ponderación de variables medioambientales.

Imagen 6-5. Ponderación de variables climáticas.

Imagen 6-6. Ponderación de variables socioeconómicas.

Imagen 6-7. Ponderación de variables patrimoniales.

Imagen 6-8. Ponderación de variables económicas.

Imagen 6-9. Valoración ponderada final.

Imagen 7-1. Datos del Proyecto.

Imagen 7-2. Selección de normas.

Imagen 7-3. Creación de zonas de no paso.

Imagen 7-4. Introducción de punto de salida.

Imagen 7-5. Introducción de punto de llegada.

Imagen 7-6. Pendientes máximas.

Imagen 7-7. Geometría y costes en la opción de estudio previo.

Imagen 7-8. Datos de la infraestructura.

Imagen 7-9. Menú de opciones avanzadas 1.

Imagen 7-10. Menú de opciones avanzadas 2.

Imagen 7-11. Criterios de valoración dinámica.

Imagen 7-12. Ejes de visibilidad automáticos o manuales, (puntos targets).

Imagen 7-13. Generación de trazados.

Imagen 7-14. Menú de salidas.

TÉCNICAS DE AUTOTRAZADO PARA EL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURAS LINEALES. "TADIL."

CAPÍTULO 1. METODOLOGÍA GENERAL.

GUÍA METODOLÓGICA DE APLICACIÓN.

SOFTWARE TADIL. TÉCNICAS DE AUTOTRAZADO PARA EL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURAS LINEALES

Guía Metodológica de Aplicación

CAPÍTULO 1. METODOLOGÍA GENERAL. EDICIÓN 1.

El presente capítulo describe el contenido de la presente Guía Metodológica del Software TADIL.

De la misma forma, pretende dar una primera orientación al usuario de las fases que ha de seguir en la elaboración de su estudio según se trate de estudio previo o estudio informativo.

Finalmente el capítulo aborda la primera fase antes de iniciar el estudio en sí y que consiste en la generación del modelo digital del terreno y en la generación de capas de información territorial.

SOFTWARE TADIL

TÉCNICAS DE AUTOTRAZADO PARA EL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURAS LINEALES

CAPÍTULO 1. METODOLOGÍA GENERAL.

SUB-CAPÍTULO 0. OBJETO DE LA PRESENTE GUÍA Y ESTRUCTURACIÓN.

0. Introducción.

En el presente capítulo describimos el objetivo de la presente guía así como la descripción de los capítulos en los que se estructura. Su lectura por tanto es obligada por el usuario antes de pasar al capítulo 2.

1. Objeto de la presente Guía Metodológica de Aplicación.

A diferencia del Manual del software TADIL donde el usuario podrá conocer la instalación del software, el manejo de los diferentes menús y la introducción de datos, en la Guía Metodológica de Aplicación del Software TADIL, se pretende aportar una visión global del proyecto, diferenciando entre estudio previo y estudio informativo, definiendo los pasos que ha de seguir el usuario y profundizando en el sentido de cada variable que se introduce en el programa. De la misma forma la presente Guía pretende ser lo más universal posible intentando que los conceptos técnicos que se usan a lo largo del programa sean claros y entendibles.

2. Estructuración de la presente Guía.

La presente Guía se estructura en los siguientes capítulos:

- **CAPÍTULO 1. METODOLOGÍA GENERAL.**
- **CAPÍTULO 2. EL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO.**

En este capítulo se abordará la introducción de todas las variables territoriales con incidencia en la generación de trazados o en la valoración de las alternativas que se lleva a cabo en el análisis multicriterio.

- **CAPÍTULO 3. PARTIDAS DE OBRA Y PRESUPUESTOS.**

En este capítulo se introducen las partidas de obra que permitirán la obtención del presupuesto de las alternativas.

- **CAPÍTULO 4. SECCIONES TIPO.**

En este capítulo se definen las secciones tipo que se habilitan para la obtención de las secciones transversales, las mediciones, el balance de tierras y el presupuesto.

- **CAPÍTULO 5. PRESUPUESTO Y RENTABILIDAD.**

En este capítulo se describe la obtención del presupuesto de cada alternativa y el procedimiento que sigue TADIL para obtener el balance de tierras. De la misma forma se describen las variables que inciden en la obtención de la rentabilidad de cada alternativa.

- **CAPÍTULO 6. VALORACIÓN MULTICRITERIO.**

Se describe el procedimiento para obtener la valoración subjetiva multicriterio de las alternativas seleccionadas.

- **CAPÍTULO 7.**

Se describe la metodología para obtener trazados de alternativas, la selección de normativa y la descripción de las variables que inciden en la definición de soluciones.

SOFTWARE TADIL

TÉCNICAS DE AUTOTRAZADO PARA EL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURAS LINEALES

CAPÍTULO 1. METODOLOGÍA GENERAL.

SUB-CAPÍTULO 1. TIPOS DE ESTUDIO

1. Tipos de estudio.

TADIL se ofrece como software ideal para la elaboración de estudios previos y estudios informativos que permitan la generación de alternativas de trazado por el territorio.

La profundidad en el conocimiento preliminar del territorio permite diferenciar entre sendos tipos de análisis:

- en el estudio previo no disponemos de un estudio detallado de las variables que definen el territorio. La infraestructura a diseñar pretende resolver un problema entre un origen y un destino; se suele partir de un estudio de tráfico o demanda pero tampoco se ha detallado el tipo de infraestructura.
- en el estudio informativo se parte de antemano de la definición de las características del trazado. De la misma forma se cuenta con un completo estudio territorial de todas las variables con incidencia en el trazado, (medioambientales, geotécnicas, climáticas, socioeconómicas, patrimoniales, etc.).

En el cuadro siguiente se detallan las diferencias entre sendos estudios:

| | <u>Estudio previo</u> | <u>Estudio informativo</u> |
|-----------------------------|---|--|
| <i>Trazado</i> | La sección tipo queda determinada por un estudio de tráfico; sin embargo se considera una horquilla de velocidades y por tanto de característica geométricas en planta y perfil para la nueva infraestructura. El estudio previo pretende concretar este aspecto mediante la prueba de implantación de trazados en el territorio. | En este caso sección tipo y velocidad de proyecto han sido definidas y las alternativas deberán ceñirse a una orden de estudio que concrete estos valores. La generación de trazados de alternativas debe permitir la elaboración de un estudio multicriterio detallado. |
| <i>Cartografía</i> | Se parte de cartografías publicadas con escalas que pueden ir desde la 1:25.000 a la 1:5000. | En este caso por lo general se habrán elaborado cartografías específicas que detallen el ámbito de estudio. |
| <i>Costes</i> | Sólo se emplean costes globales de implantación, desmonte, terraplén, estructuras y túneles. | Permite el empleo de partidas adecuadas a los grupos geotécnicos que se atraviesan, para el movimiento de tierras, firmes y explanadas, así como diferentes tipologías de túneles y estructuras. |
| <i>Geotecnia</i> | Se parte de estudios regionales de geología y geotecnia con propuestas generales para taludes de desmonte y terraplén. | Se emplean estudios pormenorizados que permiten diferenciar zonas y grupos geotécnicos con datos específicos de taludes, protecciones, saneos, firmes y explanadas. |
| <i>Estructura y túneles</i> | Sólo se consideran costes globales | Permite diferenciar tipologías de estructuras y túneles y costes diferenciados por zonas. |

| | <u>Estudio previo</u> | <u>Estudio informativo</u> |
|-----------------------|--|--|
| <i>Medioambiente</i> | Sólo se consideran zonas de protección medioambiental con prohibición de paso. | Permite implementar el amplio abanico de variables partiendo de un profundo estudio medioambiental. Puede permitir la prohibición de paso por zonas en función del valor de las variables. |
| <i>Climatología</i> | No suele considerarse, salvo de forma general. | Permite implementar estudios que tengan en cuenta aspectos condicionantes del tráfico tales como las heladas, lluvias, nieblas, viento, etc... |
| <i>Socio-economía</i> | Sólo suelen considerarse los aspectos relativos a la prognosis de tráfico. | Suele incluirse un estudio completo de zonas de usos con su correspondiente valoración productiva. |
| <i>Patrimonio</i> | Sólo se implementan zonas de protección patrimonial con impedimento de paso. | Permite un amplio estudio de la valoración del suelo, cruce de infraestructuras, vías pecuarias, etc... |

Tabla 1-1. Comparación de estudio previo y estudio informativo.

Por lo general el estudio previo suele anteceder al estudio informativo, aportándole información sobre el tipo de infraestructura a desarrollar en el territorio.

TADIL permite elaborar estudios previos sin necesidad de implementar el menú SIG, el menú de partidas de obra o el menú de secciones tipo, introduciendo los datos en el menú de trazado, (TDI).

Por el contrario cuando el usuario esté desarrollando un estudio informativo deberá haber introducido previamente las variables del Sistema de Información Geográfica, los valores de las partidas y la sección tipo a implementar. Una vez introducida la información el usuario podrá acceder al menú de trazado y generar alternativas.

La información que podrá obtener en cada tipo de estudio difiere notablemente como se describe seguidamente:

- **ESTUDIO PREVIO:**
 - *Eje de trazado en planta.*
 - *Perfil Longitudinal.*
- **ESTUDIO INFORMATIVO.**
 - *Eje de trazado en planta.*
 - *Perfil longitudinal.*
 - *Secciones transversales.*
 - *Planta de movimiento de tierras.*
 - *Presupuesto y balance de tierras.*
 - *Resultados de rentabilidad.*
 - *Valoración de la alternativa.*

SOFTWARE TADIL

TÉCNICAS DE AUTOTRAZADO PARA EL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURAS LINEALES

CAPÍTULO 1. METODOLOGÍA GENERAL.

SUB-CAPÍTULO 2. FASES EN LA DEFINICIÓN DE LOS ESTUDIOS.

1. Fases en la generación de un estudio previo.

Cuando el usuario realice un estudio previo sólo tendrá que acceder al menú de trazado. Antes de acceder a él deberá haber generado la cartografía del territorio. Los datos que deberá tener en cuenta son los siguientes:

- *tipo de carretera y velocidad de proyecto.*
- *pendientes máximas y mínimas.*
- *zonas de no paso.*
- *zonas de dominio público hidráulico.*
- *altura máxima de desmonte y terraplén medidas en el eje.*
- *anchura de plataforma.*
- *posibilidad de introducir estructuras y túneles.*
- *costes globales de, (podría no introducirlos si no considera este parámetro en la valoración dinámica).*
- *preferencias de diseño.*

Como resultado podrá obtener el eje en planta y el perfil longitudinal de aquellas alternativas que resulten viables.

2. Fases en la generación de un estudio informativo.

Cuando el usuario realice un estudio informativo antes de acceder al menú de trazado deberá haber completado la información correspondiente en los menús de Partidas de obra, Sistema de Información Geográfico y sección tipo.

- *el usuario deberá haber completado al menos una zona geotécnica general*
- *de la misma forma deberá haber introducido las partidas que se empleen en la zona geotécnica general.*
- *finalmente debe haber seleccionado una sección tipo.*
- *caso de que habilite la obtención de trazados con estructuras y túneles deberá haber introducido al menos una zona general en ambos casos y haber definido las partidas que se empleen en estos menús en el menú de partidas de obra.*

Una vez introducidos los datos, podrá acceder al menú de trazado, y seleccionar estudio informativo.

El usuario entonces podrá obtener eje en planta y perfil longitudinal; seleccionada la sección tipo podrá obtener las secciones transversales y la planta de movimiento de tierras.

Llegado a este punto el usuario podrá pasar a obtener:

- *balance de tierras y presupuesto.*
- *rentabilidad.*
- *valoración de alternativas.*

Para obtener una buena valoración de los trazados se recomienda partir de una información rica introducida en el menú del Sistema de Información Geográfico en lo que se refiere a las variables: geotecnia, estructuras, túneles, medioambiente, climatología, socio-economía y patrimonio.

Para ello deberá haber entrado antes en cada menú y haber rellenado la información que se requiere.

El usuario podrá llamar a cada trazado con el nombre con el que se haya guardado, obteniendo los datos de balance de tierras, presupuesto, rentabilidad y valoración.

Por consiguiente las etapas a seguir en TADIL en un estudio informativo serán:

- 1°. Generación de cartografías, modelo digital del terreno y gestión de capas.*
- 2°. Introducción de banco de partidas de obra a emplear.*
- 3°. Introducción de datos del Sistema de Información Geográfico.*
- 4°. Definición de secciones tipo.*
- 5°. Introducción de datos en el menú de trazado y obtención de alternativas de trazado con sus ejes en planta y perfil.*
- 6°. Seleccionar la sección tipo en el menú de trazado y obtener las secciones transversales y la planta del movimiento de tierras.*
- 7°. Introducir los datos de presupuesto y obtener el balance de tierras y presupuesto.*
- 8°. Introducir los datos de rentabilidad y obtener los resultados de viabilidad económica.*
- 9°. Seleccionar las alternativas en el menú de valoraciones y realizar el análisis multi-criterio de todas ellas.*
- 10°. El usuario podrá seleccionar la alternativa que considere más adecuada.*
- 11°. Obtención de listados y planos.*

SOFTWARE TADIL

TÉCNICAS DE AUTOTRAZADO PARA EL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURAS LINEALES

CAPÍTULO 1. METODOLOGÍA GENERAL.

SUB-CAPÍTULO 3. CARTOGRAFÍA Y GESTIÓN DE CAPAS.

1. Cartografía.

El usuario seguirá el procedimiento indicado en el manual del programa para la generación del modelo digital del terreno.

Cabe indicar que buena parte del estudio reside en la calidad de la cartografía a generar de ahí que es muy importante que el usuario dedique el tiempo necesario para la definición de esta.

En dicha cartografía será relevante la existencia de líneas de rotura que definan quiebros de la pendiente o el encuentro entre planos; la triangulación del modelo digital se apoyará en estas líneas.

De la misma forma los puntos de partida y polilíneas elevadas deberán tener una adecuada separación evitando "calvas" o zona de indefinición.

2. Gestión de capas.

Es altamente recomendable que el usuario ordene la información a introducir antes de proceder a implementarla en el software TADIL. EL programa genera capas independientes para cada variable territorial introducida en el menú de Sistema de Información Geográfico. Cuando el usuario elabore importación de datos se recomienda que haya previamente generado carpetas de información sectorial, (medioambiente-fauna, medioambiente-flora, etc.).

SOFTWARE T.A.D.I.L.

**TÉCNICAS DE AUTOTRAZADO PARA EL DISEÑO DE
INFRAESTRUCTURAS LINEALES. "TADIL."**

**CAPÍTULO 2. EL SISTEMA DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICO. (S.I.G.)**

GUÍA METODOLÓGICA DE APLICACIÓN.

SOFTWARE TADIL. TÉCNICAS DE AUTOTRAZADO PARA EL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURAS LINEALES

Guía Metodológica de Aplicación

CAPÍTULO 2. EL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO. EDICIÓN 1.

En el presente capítulo se describen las variables del sistema de información geográfico, (S.I.G.), que caracterizan el territorio y que se consideran en el cálculo automático de trazados así como en la valoración de alternativas.

Las variables se clasifican en determinantes y cualitativas. Las variables de tipo determinante tienen incidencia en los algoritmos de búsqueda de trazados, (determinan el cálculo del trazado), mientras que las variables cualitativas sólo se consideran en la valoración de las alternativas una vez calculadas estas. Las variables cualitativas pueden tener carácter determinantes para el trazado cuando el usuario impida el paso por aquellas zonas con una característica determinada, (como por ejemplo Parque Natural, zona específica de fauna protegida, etc.).

En el presente capítulo se describen las variables del S.I.G. y su implementación desde un punto de vista ingenieril. El principal objetivo de este capítulo es aportar al usuario una visión práctica del territorio que constituya una herramienta útil y efectiva para el consultor, administración o promotor del proyecto que se desarrolle.

SOFTWARE TADIL

TÉCNICAS DE AUTOTRAZADO PARA EL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURAS LINEALES

EL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO.

SUB-CAPÍTULO 0. PROCEDIMIENTO.

0. Introducción.

En el presente capítulo se describen las variables territoriales que se seleccionan tanto para la determinación de las alternativas de trazado como para la valoración final de dichas alternativas.

1. Metodología.

Las variables del sistema de información geográfico se engloban en dos grandes grupos:

- Variables Determinantes del SIG,: inciden en la definición del trazado de las alternativas, considerándose en los diferentes algoritmos que se han definido de auto-diseño de planta y perfil longitudinal del trazado de infraestructuras. A su vez los diferentes registros de estas variables también incorporarán una puntuación subjetiva dada por el usuario a efectos de permitir la valoración cualitativa de las diferentes alternativas.
- Variables Cualitativas del SIG: se emplean para la valoración cualitativa y subjetiva de las diferentes alternativas. Estas variables a su vez serán condicionantes del trazado cuando se establezca el criterio "prohibición de paso" para una área con un determinado registro de la variable. Así por ejemplo, en la variable "fauna", en el registro "vertebrados en peligro de extinción-quebrantahuesos", puede activarse la opción "prohibir paso", por lo que los algoritmos de diseño evitarían el paso por esta zona.

A su vez en el conjunto de Variables Determinantes del SIG vamos a considerar un grupo especial de variables:

- Variables de trazado con formato SIG; a diferencia de la mayoría de programas de trazado donde los datos de la sección tipo se introducen una vez definida la planta y el perfil, en el software TADIL, los datos se introducen en formato SIG, diferenciando por áreas geográficas; así no será igual la sección tipo de una carretera o ferrocarril en una área predominada por arcillas que en un área con presencia de roca. El programa asigna automáticamente la sección tipo cuando identifica el área al que pertenece el punto del eje en planta de cada sección transversal.

2. Incidencia en la definición de trazados.

Como se describe en el capítulo 1, para elaborar el cálculo de alternativas de trazado puede activarse la consideración de las variables introducidas en el SIG del programa, (estudio informativo), o bien obviarlo, (estudio previo).

La primera opción permitirá elaborar un estudio más completo de la infraestructura, la segunda opción obviando las variables del SIG, corresponde a análisis rápidos de la capacidad de acogida del territorio de infraestructuras, cuando no se ha elaborado un estudio preliminar detallado de las características de dicho territorio.

En general los estudios informativos requerirán de un completo estudio del territorio y de las variables que lo caracterizan. Por el contrario en los estudios previos el nivel de conocimiento será menor.

3. Evaluación de alternativas.

Tanto las variables determinantes como las cualitativas permitirán la valoración de las alternativas en base a puntuaciones subjetivas que introducirá el usuario, así como porcentajes de ponderación de las mismas. Esta evaluación permitirá la selección de la solución.

La evaluación de las variables del SIG se hará conjuntamente con otros parámetros derivados de la calidad del trazado, (longitud de trazado, velocidad media, variables de rentabilidad, etc.).

La valoración subjetiva de las variables se establece de 0 a 10. A mayor nota, más afección, y por tanto peor valoración. Un cero, (0), indica que la afección es mínima, o que se consigue la máxima optimización; un diez, (10), indica la mayor afección, o el peor resultado comparativo.

Un buen estudio informativo requiere un análisis exhaustivo de las variables del Sistema de Información Geográfico, y del correspondiente análisis de sensibilidad que permita analizar las diferentes opciones de trazado entre el origen y destinos determinados, sopesando adecuadamente entre calidad de trazado y capacidad de acogida por el territorio.

SOFTWARE TADIL

TÉCNICAS DE AUTOTRAZADO PARA EL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURAS LINEALES

EL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO.

SUB-CAPÍTULO 1. SELECCIÓN DE VARIABLES

0. Introducción.

En el presente capítulo se procede a definir las variables del Sistema de Información Geográfico que se consideran tanto para la determinación de los trazados como para su evaluación.

1. Grupos de variables.

En general se consideran las variables usuales en la redacción de estudios previos, estudios informativos, proyectos básicos y anteproyectos, órdenes de estudio y en estudios de evaluación ambiental de infraestructuras.

Una agrupación frecuente de variables del sistema de información geográfico es la siguiente:

- Variables geotécnicas.
- Variables geomorfológicas.
- Variables medioambientales.
- Variables climáticas.
- Variables socioeconómicas.
- Variables patrimoniales.

Por su parte, como se ha comentado anteriormente, las variables de trazado, se asignan como variables del SIG de la siguiente manera:

- Variables de la sección convencional en desmonte o terraplén: se definen como variables geotécnicas.
- Variables definitorias de las secciones tipo túnel: se definen como variables geotécnicas.
- Variables definitorias de la cimentación de estructuras: se definen como variables geotécnicas.
- Variables de la definición de la tipología de estructuras: se definen como un grupo independiente. La razón estriba en el hecho de que la tipología a seleccionar por el usuario puede diferir claramente de las características geotécnicas del entorno y en particular:
 - Pueden existir zonas donde puede primarse la estética de las estructuras, (zonas más vistas desde entorno urbanos o desde miradores).
 - Pueden seleccionarse ámbitos geográficos donde se requieran estructuras especiales, (por ejemplo puentes atirantados de gran luz).

2. Relación de Variables.

Seguidamente pasamos a relacionar las variables que se incluyen en cada uno de los grupos que se han descrito anteriormente:

- Variables geomorfológicas:
 - Cota o altura sobre el nivel del mar, (metros sobre el nivel del mar, m.s.n.m).
 - Clinometría: pendiente máxima del terreno, (%).

- Variables geotécnicas:
 - Geotecnia del Movimiento de tierras:
 - *Riesgos geotécnicos.*
 - *CBR / Clasificación del TNS.*
 - *Aprovechamiento de materiales.*
 - *Saneamiento de terraplén.*
 - *Saneamiento de desmonte.*
 - *Configuración de taludes de desmonte, (pendiente, bermas y muros de contención).*
 - *Altura máxima de desmonte en el eje.*
 - *Configuración de taludes de terraplén, (pendiente, bermas y muros de contención).*
 - *Altura máxima de terraplén en el eje.*
 - *Excavabilidad.*
 - *Protección de taludes.*
 - *Definición de las capas de firme de la sección tipo.*
 - Geotecnia de Túneles:
 - *RMR.*
 - *Tipología-coste.*
 - *Métodos de excavación.*
 - *Tratamientos específicos.*
 - Geotecnia de Estructuras:
 - *Cimentaciones en viaductos y puentes.*
 - *Cimentaciones en pasos inferiores y obras menores.*
 - *Procedimiento de excavación.*
 - *Presencia de agua.*
- Variables medioambientales:
 - Zonas de protección:
 - *Tantas variables como clasificaciones posibles elabore el usuario. Por ejemplo, (Zonas ZEPA, Reservas de la Biosfera, Parques Naturales, etc...).*
 - Valoración de fauna:
 - *Tantas variables como clasificaciones posibles elabore el usuario. Por ejemplo, (Mamíferos, Aves, Invertebrados, Especies en peligro de extinción, etc...).*

- **Valoración de flora:**
 - *Tantas variables como clasificaciones posibles elabore el usuario. Por ejemplo, (Especies arbóreas, matorral, etc...).*

- **Valoración de suelos:**
 - *Tantas variables como clasificaciones posibles elabore el usuario. Por ejemplo, (Suelos de cultivo, suelos de origen kárstico, etc...).*

- **Afecciones hídricas e hidrogeológicas:**
 - *Zonas de dominio público hidráulico, (incluyendo lagos ó presas). Se pueden incluir varias clasificaciones si el usuario quiere: vaguadas, arroyos, cauces con aguas permanentes, etc...*
 - *Ángulo de máximo de cruce de líneas de agua.*
 - *Gálido de paso.*
 - *Acuíferos, (también con una o varias clasificaciones).*

- **Medio Perceptual:**
 - *Zonas de interés paisajístico, (varias clasificaciones).*
 - *Campos visuales de interés.*

- **Permeabilidad al paso de fauna:**
 - *Hace referencia a áreas donde se requiera la exigencia de disponer pasos de fauna a determinadas distancias, (túneles y estructuras).*

- **Variables climáticas:**
 - Zonas de fuertes heladas.
 - Zonas de umbría.
 - Zonas de frecuentes tormentas.
 - Zonas de lluvias intensas.
 - Zonas de nevadas frecuentes.
 - Zonas de fuertes vientos.
 - Zonas de nieblas densas.

- **Variables socioeconómicas:**
 - Zonas Sector Primario.
 - Zonas Sector Secundario.
 - Zonas Sector Terciario.

- Variables patrimoniales:
 - Montes Públicos.
 - Suelos Urbanos.
 - Suelos Urbanizables.
 - Yacimientos arqueológicos, (pudiendo establecer varias clasificaciones según el usuario, p.ej, zonas de cautela, Bienes de Interés Cultural, etc...).
 - Zonas de especial interés.
 - Cruce de vías pecuarias:
 - *Tipología de vía pecuaria.*
 - Cruce de infraestructuras:
 - *Cruce de infraestructuras lineales, (carreteras, ferrocarriles, canales, líneas eléctricas o de telefonía, etc...).*
 - *Necesidad de cruce a desnivel de infraestructuras lineales.*
 - *Zonas de ocupación por Infraestructuras públicas, (embalses, subestaciones eléctricas, etc...).*
 - *Grandes explotaciones mineras o canteras.*

- Estructuras:
 - Tipología-coste.

3. Variables condicionantes y variables cualitativas.

Como se ha indicado antes todas las variables se implementan como condicionantes en tanto en cuando el usuario puede exigir que los trazados no discurran por determinadas áreas con un valor concreto de un registro de una variable.

Sin embargo, por defecto el programa sólo va a considerar determinadas variables para la configuración de alternativas en los diferentes algoritmos. A estas variables las denominaremos variables condicionantes. A su vez estas variables también serán cualitativas pues servirán para calibrar la bondad de las alternativas.

La clasificación de las variables por grupos se resume en el cuadro de la página siguiente:

| Grupo | Variable | Determinante | Cualitativa |
|--|----------------------------------|--------------|-------------|
| V. Geomorfológicas | Cota | x | |
| | Clinometría | x | |
| Variables Geotécnicas Movimiento de tierras | Riesgos geotécnicos | x | |
| | CBR | | x |
| | Estabilidad horizontal terreno | x | x |
| | Aprovechamientos | | x |
| | Saneamiento terraplén | | x |
| | Saneamiento desmonte | | x |
| | Conf. Taludes desmonte | x | x |
| | Conf. Taludes terraplén | x | |
| | Altura máx. desmonte eje | x | |
| | Altura máx. terraplén eje | x | |
| | Excavabilidad | | x |
| | Protección de taludes | | x |
| | Capas de firme | x | |
| Variables Geotécnicas Túneles | RMR | | x |
| | Tipología-coste | x | |
| | Método de excavación | | x |
| Variables Geotécnicas Estructuras | Tratamientos específicos | | x |
| | Cimentaciones viaductos | | x |
| | Cimentaciones O.Paso | | x |
| Muros | Procedimiento excavación | | x |
| | Presencia de agua | | x |
| | Volumen de muros | | x |
| V. Medioambientales | Zonas de protección | | x |
| | Valoración de fauna | | x |
| | Valoración de flora | | x |
| | Valoración de suelos | | x |
| | Dominio público hidráulico | | x |
| | Ángulo cruce DPH | | x |
| | Gálibo sobre el cacue | | x |
| | Acuíferos | | x |
| | Zonas de interés paisajístico | | x |
| | Campos visuales | | x |
| | Permeabilidad infraestr. | | x |
| V. Climáticas | Zonas de fuertes heladas | | x |
| | Zonas de umbría | | x |
| | Zonas de frecuentes tormentas | | x |
| | Zonas de lluvias intensas | | x |
| | Zonas de nevadas frecuentes | | x |
| | Zonas de fuertes vientos | | x |
| | Zonas de nieblas densas | | x |
| V. Socioeconómicas | Zonas Sector Primario | | x |
| | Zonas Sector Secundario | | x |
| | Zonas Sector Terciario | | x |
| V. Patrimoniales | Montes Públicos | | x |
| | Suelos urbanos | | x |
| | Suelos urbanizables | | x |
| | Yacimientos arqueológicos.BIC | | x |
| | Zonas de especial interés | | x |
| | Tipología de vía pecuaria cruce. | | x |
| | Tipología de infraest. Cruce | | x |
| | Necesidad de paso desnivel Inf. | | x |
| | Zonas ocupación inf. Públicas | | x |
| Infraestructuras mineras/cant. | | x | |
| V. Estructuras | Tipología-coste | x | |

Tabla 2-1. Clasificación de variables

Cabe comentar que como variables cualitativas además de las variables del S.I.G. también se incluyen aquellas necesarias para valorar la calidad del trazado, así como las relacionadas con la inversión que requiere cada alternativa y su viabilidad.

En los sub-capítulos sucesivos se analizan cada una de las variables del Sistema de Información Geográfico.

Cabe indicar que el usuario podrá seleccionar las variables que desee para el análisis subjetivo de las diferentes alternativas que evalúe.

SOFTWARE TADIL

TÉCNICAS DE AUTOTRAZADO PARA EL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURAS LINEALES

EL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO.

SUB-CAPÍTULO 2. VARIABLES GEOMORFOLÓGICAS

0. Introducción.

En el presente capítulo se describen las variables de tipo geomorfológico, su introducción, tratamiento y procesado.

Como se ha visto en el apartado anterior, estas variables tienen carácter determinante en el cálculo de las alternativas de trazado.

1. Variables geomorfológicas.

Las Variables geomorfológicas que se implementan en el programa son:

- Cota o altura sobre el nivel del mar, (metros sobre el nivel del mar, m.s.n.m).
- Clinometría: pendiente máxima del terreno admisible para la acogida de un trazado, (%).

Ambas variables son determinantes para la configuración inicial de las alternativas de trazado si bien su influencia se implementa de forma distinta. En el caso de la variable pendiente máxima del terreno el software incluye una función que permite visualizar zonas con pendiente mayor que una determinada por el usuario para toda el área de estudio, permitiendo así que el usuario cree zonas de no paso. De la misma forma la variable pendiente máxima del terreno se introduce en cada una de las fichas geotécnicas territoriales.

Por este motivo la variable clinometría es una variable determinante para la configuración de trazados tanto con aplicación del algoritmo del abanico como del algoritmo malla de abanicos.

SOFTWARE TADIL

TÉCNICAS DE AUTOTRAZADO PARA EL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURAS LINEALES

EL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO.

SUB-CAPÍTULO 3. VARIABLES GEOTÉCNICAS

0. Introducción.

En el presente capítulo se describen las variables geotécnicas, su implementación y su incidencia sobre el trazado.

1. Variables Geotécnicas.

Las variables geotécnicas son las que mayor incidencia tienen sobre el trazado de una infraestructura y así es como se refleja en el software TADIL.

Como se ha indicado anteriormente en estudios informativos la repercusión por el paso por una zona geotécnica concreta es automática en el trazado, es decir, la asignación de las características de la sección tipo en función de la geotecnia se asignan a cada sección transversal de forma automática, a diferencia de los programas de trazado existentes en el mercado; esta característica se aplica de forma dinámica a los algoritmos de abanico por lo que en el estudio de alternativas se tiene en cuenta punto a punto la incidencia de las variables geotécnicas sobre el coste total de la infraestructura, lo cual constituye una característica cualitativa excepcional en la búsqueda de trazados.

Las variables geotécnicas que se consideran se diferencian según tratemos de secciones convencionales en desmonte o terraplén, viaductos o túneles.

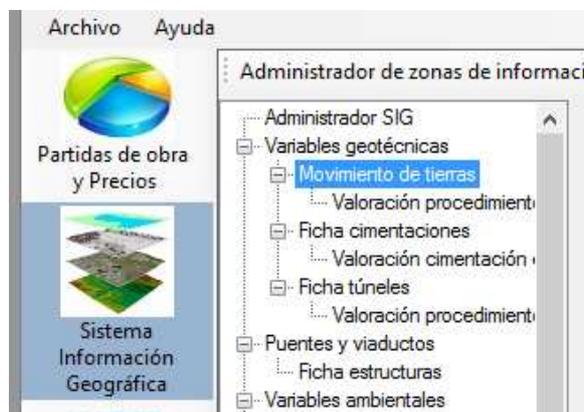


Imagen 2-1. Arquitectura de software para la selección de grupo de variables geotécnicas.

- Geotecnia del Movimiento de tierras:
 - *Riesgos geotécnicos.*
 - *CBR / Clasificación del TNS.*
 - *Aprovechamiento de materiales.*
 - *Saneamiento de terraplén.*
 - *Saneamiento de desmonte.*
 - *Configuración de taludes de desmonte, (pendiente, bermas y muros de contención).*
 - *Altura máxima de desmonte en el eje.*
 - *Configuración de taludes de terraplén, (pendiente, bermas y muros de contención).*

- *Altura máxima de terraplén en el eje.*
- *Excavabilidad.*
- *Protección de taludes.*
- *Definición de las capas de firme de la sección tipo, (en el caso de carreteras).*
- **Geotecnia de Túneles:**
 - *RMR.*
 - *Tipología-coste.*
 - *Métodos de excavación.*
 - *Tratamientos específicos*
- **Geotecnia de Estructuras:**
 - *Cimentaciones en viaductos y puentes.*
 - *Cimentaciones en pasos inferiores y obras menores.*
 - *Procedimiento de excavación.*
 - *Presencia de agua.*

Seguidamente pasamos a comentar cada una de las variables anteriores por grupos.

1.1. Variables geotécnicas del movimiento de tierras.

La introducción de variables se implementa para que el usuario defina una ficha general que se corresponda con el material predominante y que por defecto se aplicará a toda la cartografía y fichas específicas para áreas con menos extensión.

El usuario podrá editar las fichas convenientemente, en el menú editar, crear nuevas o eliminarlas.

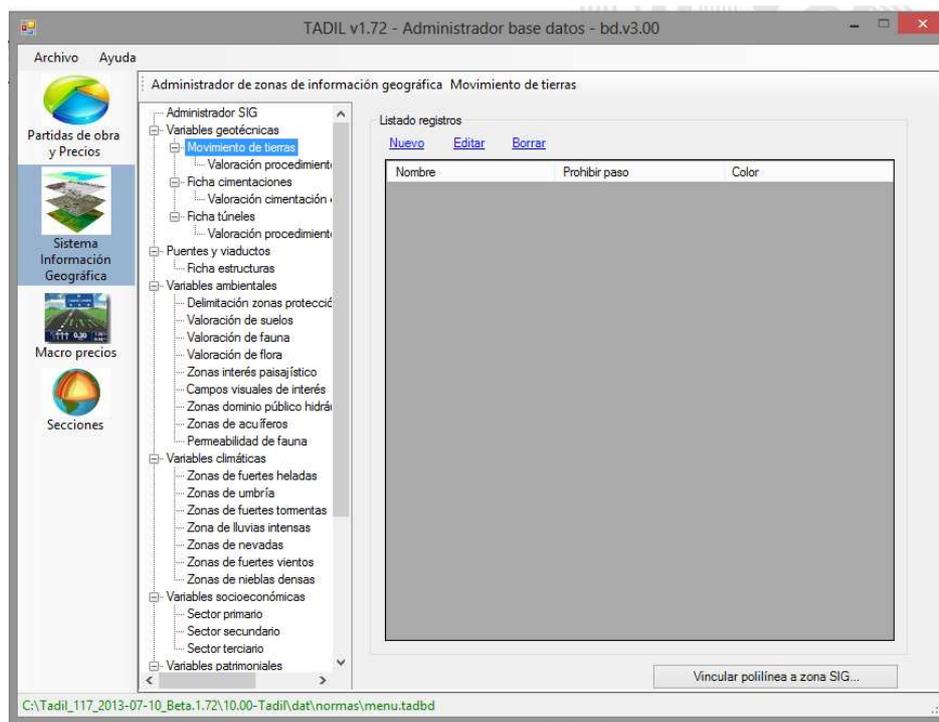


Imagen 2-2. Arquitectura de software para la selección o la edición de fichas geotécnicas.

La ficha general y la ficha específica tienen la misma estructura tal y como se observa en los gráficos adjuntos.

Cabe indicar que **el programa no considera variables meramente geológicas**, sino directamente geotécnicas con incidencia en la configuración de la sección tipo.

Cuando el usuario quiera establecer alguna clasificación en base a **criterios geológicos** podrá hacerlo en la edición de fichas geotécnicas, mediante la designación nominal, (en la edición de la ficha), del grupo geológico al que pertenezca el grupo litológico cuyas características se definen.

Como puede observarse a cada ficha geotécnica puede asignársele el nombre de un grupo geológico así como un color concreto; el usuario, por ejemplo, podrá asignar el mismo color a todos los grupos litológicos que pertenezcan al mismo grupo geológico. Así por ejemplo, una zona de estudio podrá tener 8 grupos litológicos o geotécnicos que se engloben en 5 zonas geológicas.

Cada vez que se cree una ficha para que tenga incidencia sobre el proyecto es necesario que se designe la polilínea correspondiente; una vez designada podrá guardarse con el nombre indicado por el usuario.

Por su parte la eliminación de las fichas implica la eliminación de las polilíneas correspondientes que tuviera asignada.

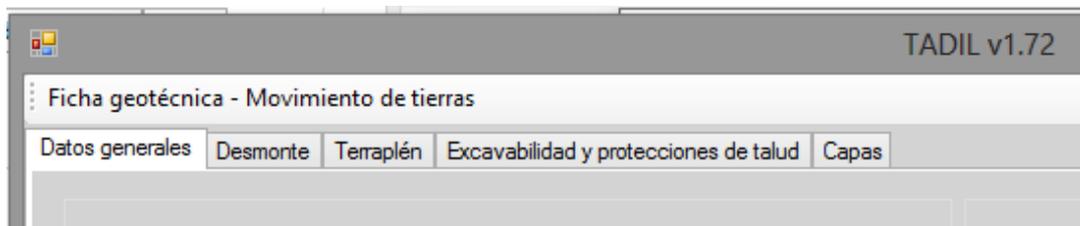


Imagen 2-3. Arquitectura de edición de ficha geotécnica. Estructura de Sub-menús.

| | | | |
|---|----------------------|---|------------|
| Grupo litológico | Margas azules | Material excavación | [Dropdown] |
| Grupo geológico | Terciario de Malpais | Aprovechamiento para capas granulares de firme [%] | 0.00 |
| Prohibir paso. Zona de riesgo geotécnico | No | Material granular | [Dropdown] |
| Color | [Red Box] | Aprovechamiento para capas de asiento [%] | 0.00 |
| Coefficiente esponjamiento | 1.05 | Material capas asiento | [Dropdown] |
| Coefficiente paso a terraplén | 1.03 | Coefficiente aprovechamiento para terraplén [%] | 0.00 |
| Pendiente máxima terreno recomendable [%] | 25.00 | Material terraplén | [Dropdown] |
| Material desbroce | [Dropdown] | <input type="checkbox"/> Configurar saneamiento terraplén | |
| Desbroce espesor [m] | [Input] | Material saneamiento en terraplén | [Dropdown] |
| CBR | [Input] | Espesor saneamiento en terraplén [m] | [Input] |
| TNS | [Dropdown] | Pendiente máxima sin escalón [%] | [Input] |
| | | Altura escalón [m] | [Input] |
| | | <input type="checkbox"/> Configurar saneamiento desmonte | |
| | | Material saneamiento en desmonte | [Dropdown] |
| | | Espesor saneamiento en desmonte [m] | [Input] |

Guardar Salir

Imagen 2-4. Arquitectura de ficha geotécnica. Datos generales.

La primera variable que se considera en la ficha geotécnica es "zona de riesgos geotécnicos. Prohibición de paso". Con esta variable se definirán aquellas zonas en las que no es recomendable el paso de la infraestructura por diversos motivos. Cuando se marque esta opción no se requerirá completar el resto de datos.

Las variables coeficiente de paso y coeficiente de esponjamiento serán tenidas en cuenta en la obtención del presupuesto final de la infraestructura y consecuentemente en la obtención de los resultados de rentabilidad, (Presupuesto y VAN). Obviamente permitirán valorar adecuadamente el balance de tierras.

La variable pendiente máxima del terreno como se ha indicado es considerada en la opción de generar zonas de no paso, para zonas de escasa posibilidad de acogida de trazados, por ser muy escarpadas.

El valor de CBR es una variable cualitativa y el valor de TNS tiene carácter informativo. El programa por defecto establece los siguientes tipos de TNS y CBR frecuentes en la mayoría de normativas nacionales:

- Suelo Inadecuado.
- Suelo Marginal.
- Suelo Tolerable.
- Suelo Adecuado.
- Seleccionado tipo 2.
- Seleccionado tipo 3.
- Seleccionado tipo 4.
- Ahorras naturales. ZN
- Roca.
- Pedraplén.
- Todo uno.
- Suelo estabilizado in situ.

EL CBR es un porcentaje, por lo que su valor está entre 0 y 100.

Para el TNS se designan las siglas, estandarizadas por la mayoría de normativas, que permiten conocer de forma rápida las características generales del **material litológico**.

La relación entre grupos de TNS y CBR se describe por el siguiente cuadro:

| Símbolo | Designación del material | Prescripciones complementarias para su empleo en | |
|---------|---------------------------|---|--|
| | | Núcleo | Capas de asiento |
| SIN | Suelo Inadecuado | No utilizable | No utilizable |
| S00 | Suelo Marginal | Estudio especial. No utilizable en zonas inundables | No utilizable |
| S0 | Suelo Tolerable | CBR \geq 3 Hinchamiento (1) < 3% No utilizable en zonas inundables | No utilizable |
| S1 | Suelo Adecuado | CBR \geq 5 Hinchamiento (1) < 3% Salvo en zonas inundables que < 1% | CBR \geq 5 Hinchamiento (1) nulo Solo utilizable sobre suelos SIN, S000 ó S0 |
| S2 | Suelo Seleccionado Tipo 2 | CBR \geq 10 Hinchamiento < 1% | CBR \geq 10 Hinchamiento (1) nulo |

| Símbolo | Designación del material | Prescripciones complementarias para su empleo en | |
|---------|--|--|--|
| S3 | Suelo Seleccionado Tipo 3 | CBR \geq 20 Hinchamiento (1) < 1% | CBR \geq 20 Hinchamiento (1) nulo |
| S4 | Suelo Seleccionado Tipo 4 | CBR \geq 20 Hinchamiento (1) < 1% | CBR \geq 40 Hinchamiento (1) nulo |
| S-EST1 | Suelo Estabilizado in situ Tipo 1 | Cal o cemento \geq 2% y CBR a los 7 días \geq 6 | |
| S-EST2 | Suelo Estabilizado in situ Tipo 2 | Cal o cemento \geq 3% y CBR a los 7 días \geq 12 | |
| S-EST3 | Suelo Estabilizado in situ Tipo 3 | Resistencia a compresión a 7 días \geq 1.5 MPa y Cemento \geq 3% | |
| Z | Zahorras | Según Art. 510 del PG-3 | |
| ROCA | Desmonte en roca | - | Regularización con hormigón HM-20 |
| P | Pedraplén | Según normativa | No utilizable en capas de asiento |
| TU | Todo uno | Según normativa | No utilizable en capas de asiento |
| (1) | El hinchamiento se realizará en edómetro según Norma UNE 103.601 | | |

Tabla 2-2. TNS – CBR.

Los aprovechamientos también son variables cualitativas y a su vez se tienen en cuenta para la definición del balance de tierras y el presupuesto. De la misma forma los saneamientos son variables cualitativas y se consideran en la definición del presupuesto y en el balance de tierras.

Cabe destacar la importancia que tiene en la propia gestión de la obra prever un adecuado aprovechamiento de los materiales procedentes de las excavaciones. Cuantos menos préstamos de tierras se requieran nuestra obra será más óptima. Por ello el presente apartado juega un papel decisivo en la viabilidad del proyecto cuando éste se estudie al menos a nivel de estudio informativo.

Para la gestión de materiales el programa entiende que los materiales mejores procedentes de la excavación podrán utilizarse en cualquier capa siempre que sobren. Así, por ejemplo, imaginemos una infraestructura que cruza una zona geotécnica donde las excavaciones producen zahorras, y que podemos extraer hasta 12.000 m³ de esta material; en la obra sólo hacen falta 4.000 m³ para emplear en capas de firme; el volumen restante pasará entonces a emplearse en la capa de asiento, (en lugar de suelo seleccionado), y si incluso aún sobrara pasaría a emplearse en la formación de terraplén, (en lugar de suelo adecuado).

De la misma forma si de la obra se extrajeran 20.000 m³ de suelo seleccionado y sólo hicieran falta 15.000 m³ en las capas de asiento, los 5.000 restantes pasarían a emplearse en la formación de terraplén. Obviamente no podrían emplearse en las capas granulares de firme por no cumplir con los requisitos técnicos.

El programa a la hora de hacer el ajuste de aprovechamientos primero pasará a completar las capas granulares por ser las más caras, luego las capas de asiento y finalmente las de terraplén, teniendo en cuenta todos los materiales disponibles a lo largo del trazado, en los diferentes grupos geotécnicos que se atraviesen.

CAPAS GRANULARES -> CAPAS DE ASIENTO -> CAPAS DE TERRAPLÉN.

El usuario por tanto deberá indicar los materiales para los que se van emplear las excavaciones en cada uno de los grupos de capas. Para conseguir el mejor aprovechamiento estos materiales deben ser acordes con los que designe en el apartado capas tanto de este grupo geotécnico como de los demás.

Los porcentajes de aprovechamiento para cada grupo de capas, tendrán por tanto valores incrementales, es decir, el porcentaje aprovechable para terraplenes será mayor o igual que para capas de asiento, y el aprovechable para capas de asiento será mayor o igual que para capas granulares de firme.

% Aprovechamiento capas de terraplén \geq % Aprovechamiento capas de asiento

% Aprovechamiento capas de asiento \geq % Aprovechamiento capas granulares de firme.

En general el usuario podrá hacer sus propias estrategias de gestión de materiales. Suele por ejemplo ocurrir que en el trazado de una infraestructura se alternan zonas de materiales muy buenos con zonas de materiales malos; convendrá entonces designar como materiales de las capas, (granulares de firme, asiento y terraplén), aquellos que se obtengan de las zonas geotécnicas más aprovechables.

A los materiales designados para cada capa y relleno se les asignarán los precios de la base de datos según procedan de empleo de las excavaciones de la obra o de préstamo. De la misma forma a las excavaciones en obra se le aplicará un precio diferente a los volúmenes para empleo en obra y a los volúmenes para vertedero.

En lo que se refiere a la configuración de secciones en desmonte y terraplén cabe hacer los siguientes comentarios:

- la limitación de la altura del talud se hace por las alturas máximas en el eje para desmonte y terraplén y pueden establecerse por grupo geotécnico o para toda la obra.
- todas las variables tienen incidencia en la definición del trazado de las alternativas. Además determinarán el presupuesto de la infraestructura.

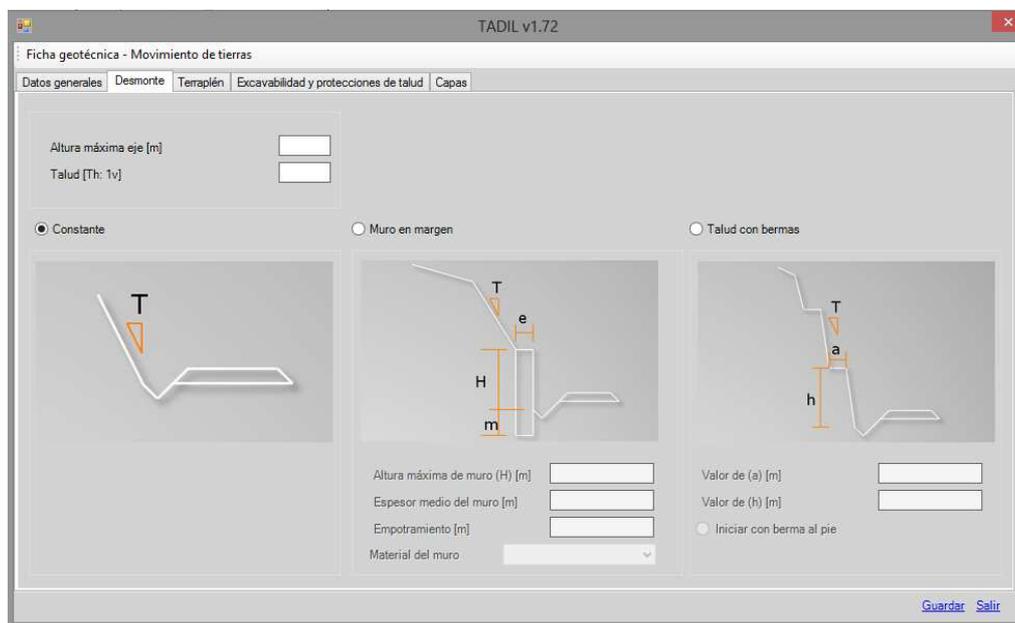


Imagen 2-5. Ficha de taludes.

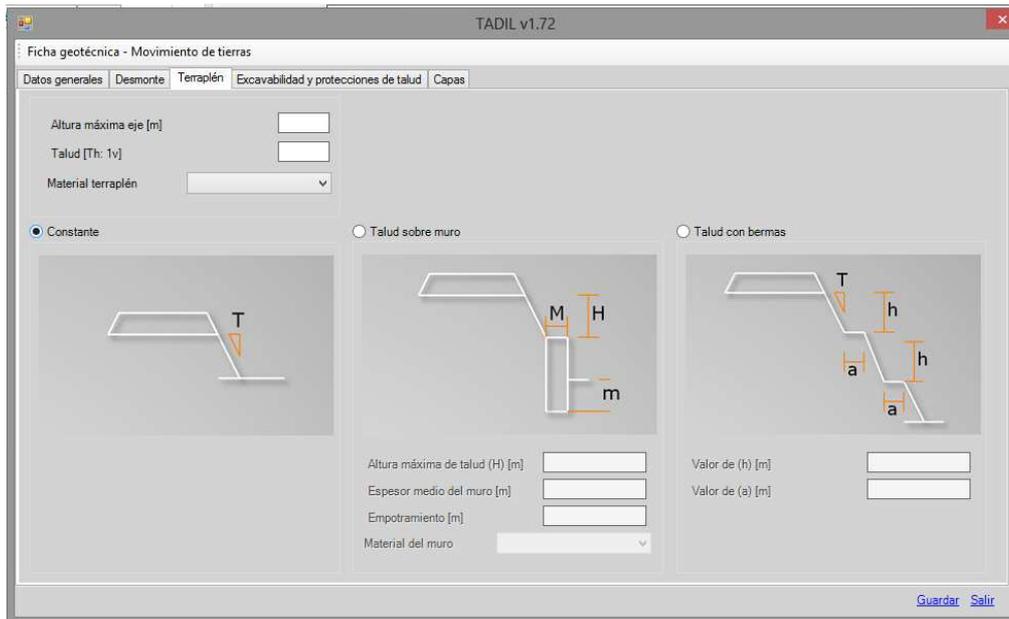


Imagen 2-5. Ficha de taludes.

Tanto para desmonte como para terraplén se consideran tres posibilidades:

- talud constante.
- talud sobre muro.
- talud con bermas.

Por lo que se refiere a la excavabilidad y protección de taludes en cada grupo geotécnico, cabe indicar que estas variables se valoran de forma subjetiva.

Obviamente la puntuación será mejor a mayor facilidad para la excavación y a menor requerimiento de protección de taludes. En el gráfico adjunto se observan las diferentes opciones.

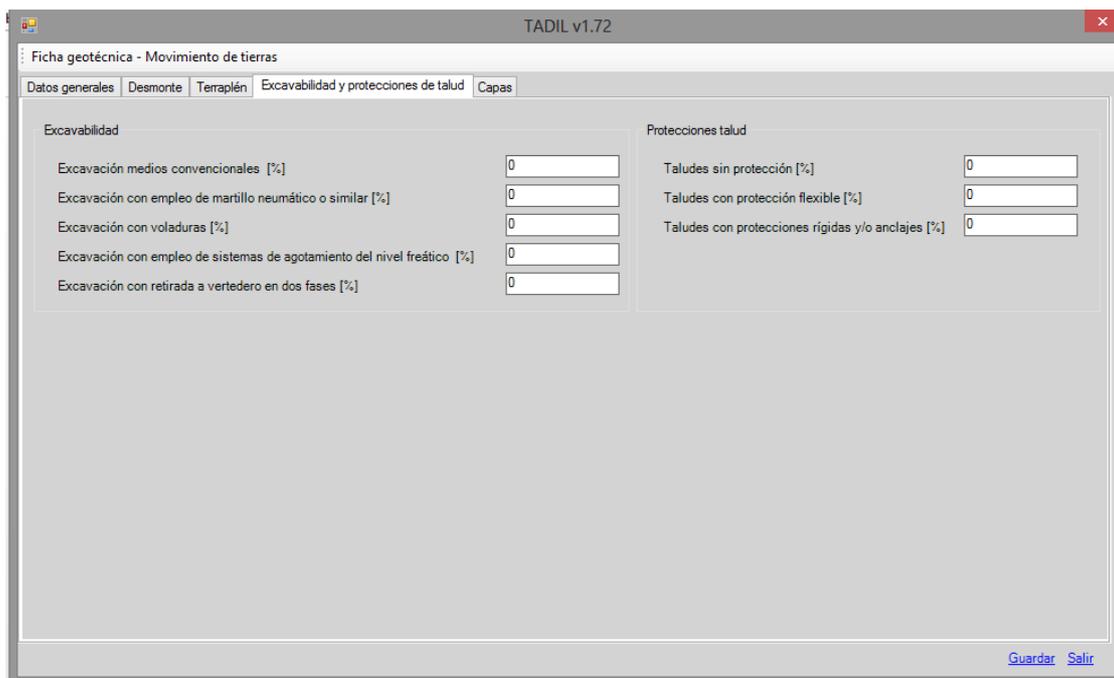


Imagen 2-6. Opciones para definición de excavabilidad y protección de taludes.

Finalmente hay que comentar que los paquetes de firme, (en el caso de carreteras), se definen por grupo geotécnico.

En el menú de la ficha geotécnica se introducen tanto las capas de firme como las capas de asiento.

El usuario además podrá copiar las capas de la calzada al arcén.

En el esquema de capas de la sección tipo la diferencia de espesor entre las capas de firme y de arcén se completará con el material inmediatamente inferior, en la capa de asiento o en el terraplén.

Las capas se introducen de arriba a abajo.

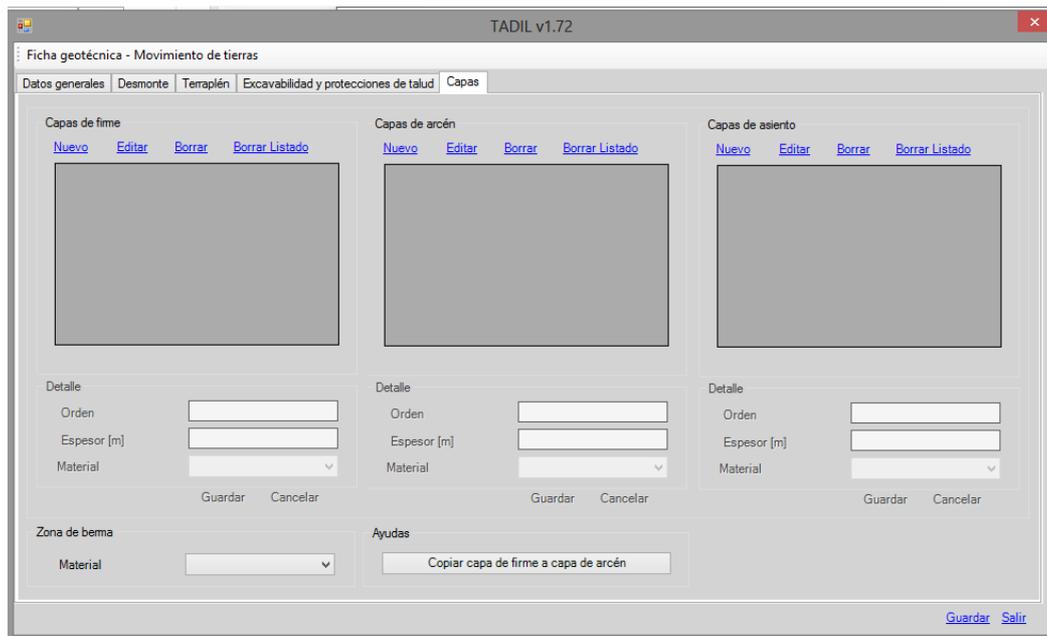


Imagen 2-7. Introducción de capas de firme

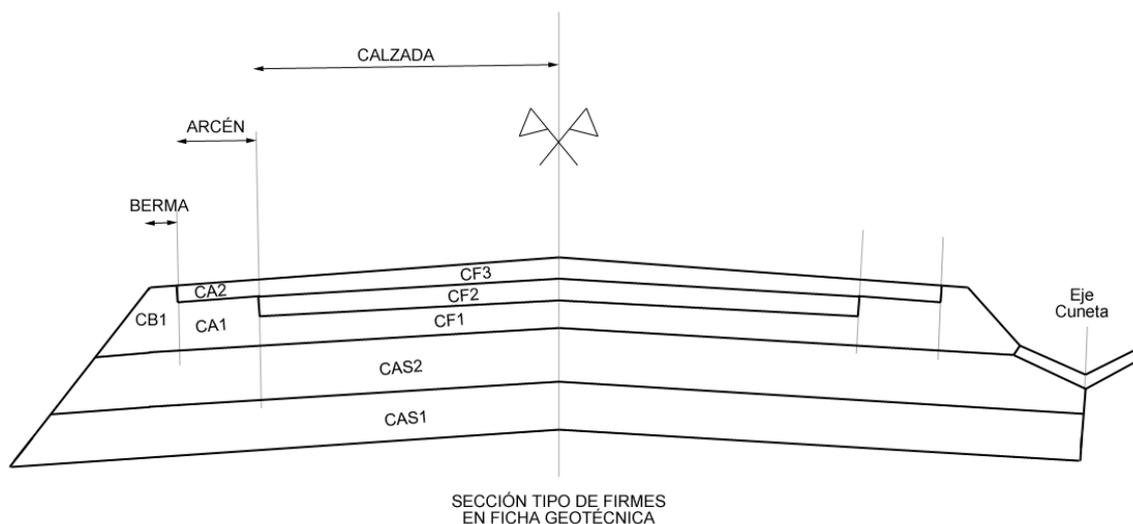
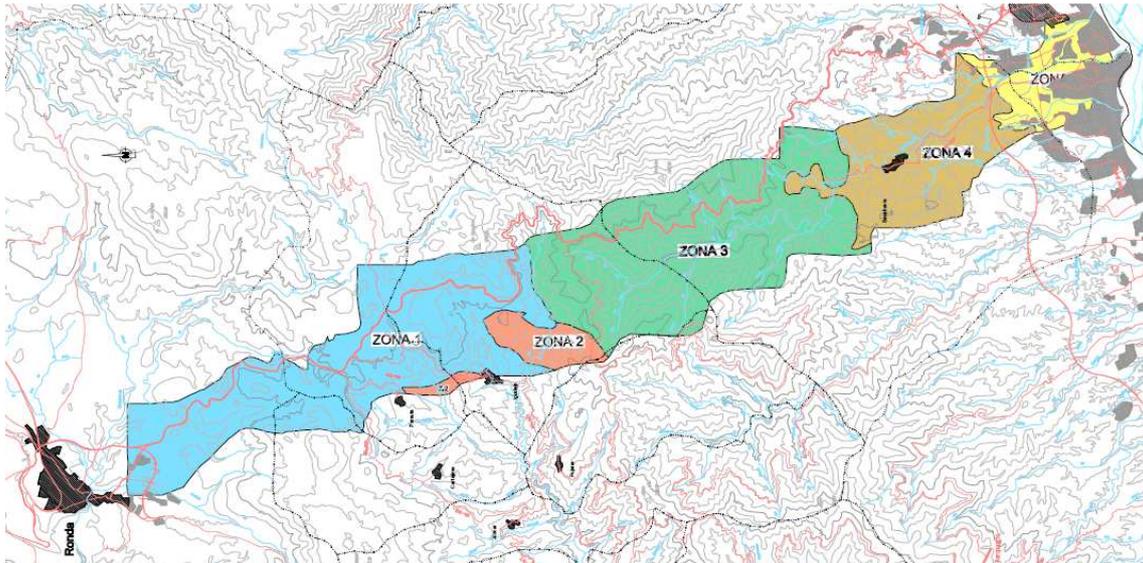
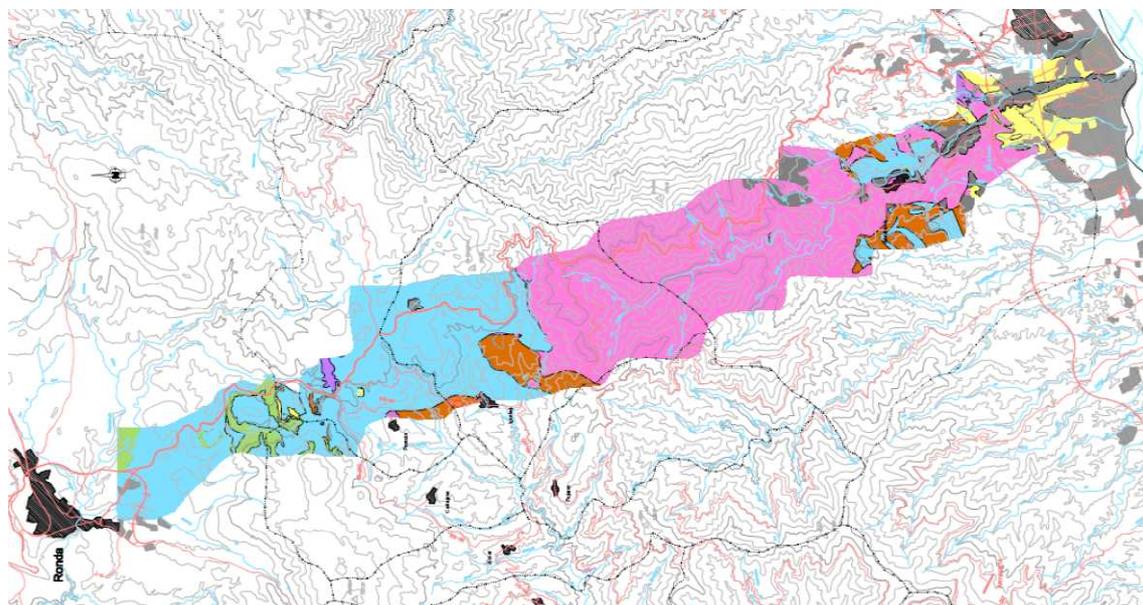


Gráfico 2-1. Sección convencional tipos de firme en carreteras.



| | | |
|--------|--|---|
| ZONA 1 | | Serranía de Ronda, Sierra del Oreganal, Sierra de las Nieves y Sierra de Tolox. |
| ZONA 2 | | Zona de Igualaja |
| ZONA 3 | | Sierra Bermeja |
| ZONA 4 | | Zona de Benahavis, estribaciones de Sierra Bermeja |
| ZONA 5 | | Llanura y lomas de San Pedro de Alcántara |



| | | | |
|-----------|--|-----------|--|
| GRUPO I | | GRUPO V | |
| GRUPO II | | GRUPO VI | |
| GRUPO III | | GRUPO VII | |
| GRUPO IV | | | |

Imagen 2-8. Ejemplo de definición de 8 zonas geotécnicas que se engloban en 5 grupos geológicos.

1.2. Variables geotécnicas para túneles.

Para la definición de las variables geotécnicas en túneles se analizan los siguientes parámetros:

- RMR.
- Tipología-coste.
- Métodos de excavación.
- Tratamientos específicos.

Como en el caso de las fichas geotécnicas del movimiento de tierras podrá configurarse una única ficha general y añadir también fichas específicas.

Los nombres o grupos litológicos pueden coincidir con los definidos para la geotecnia del movimiento de tierras o bien crear otros.

En la ficha simplemente puede indicarse la prohibición de implantar túneles en un área concreta del territorio, aspecto determinante en la configuración de los trazados tanto en el algoritmo del abanico como en el algoritmo de malla de abanicos.

La tipología de túnel que se establece en un área determinada corresponderá a una de las partidas recogida, (con el correspondiente precio por kilómetro), incluida en la base de partidas de obra y precios. Al seleccionar una tipología, el presupuesto se calculará para el precio asignado a dicha tipología.

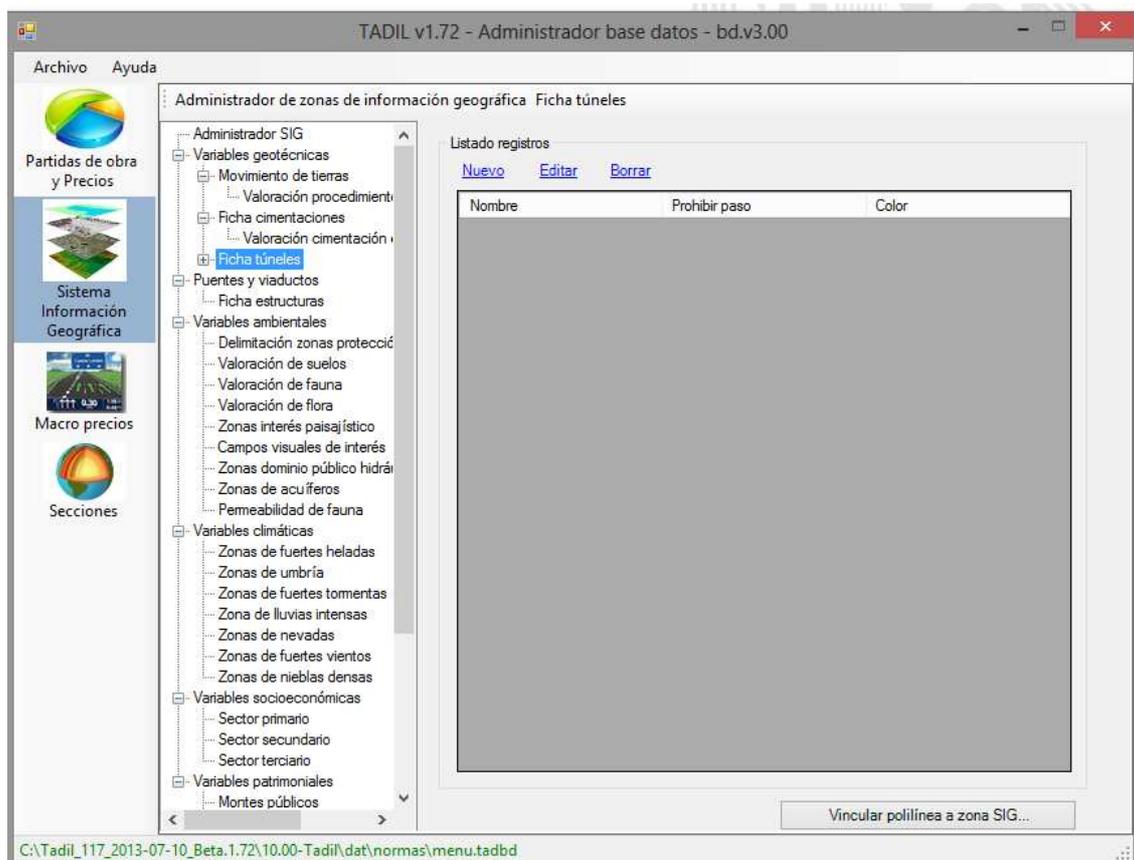


Imagen 2-9. Arquitectura para la edición de fichas.

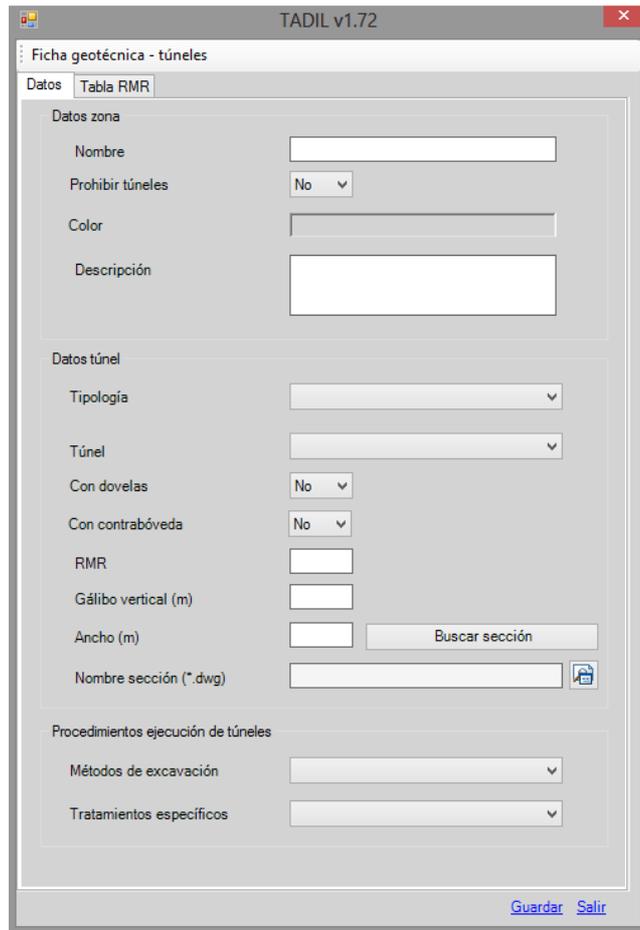


Imagen 2-10. Ficha geotécnica para túneles.

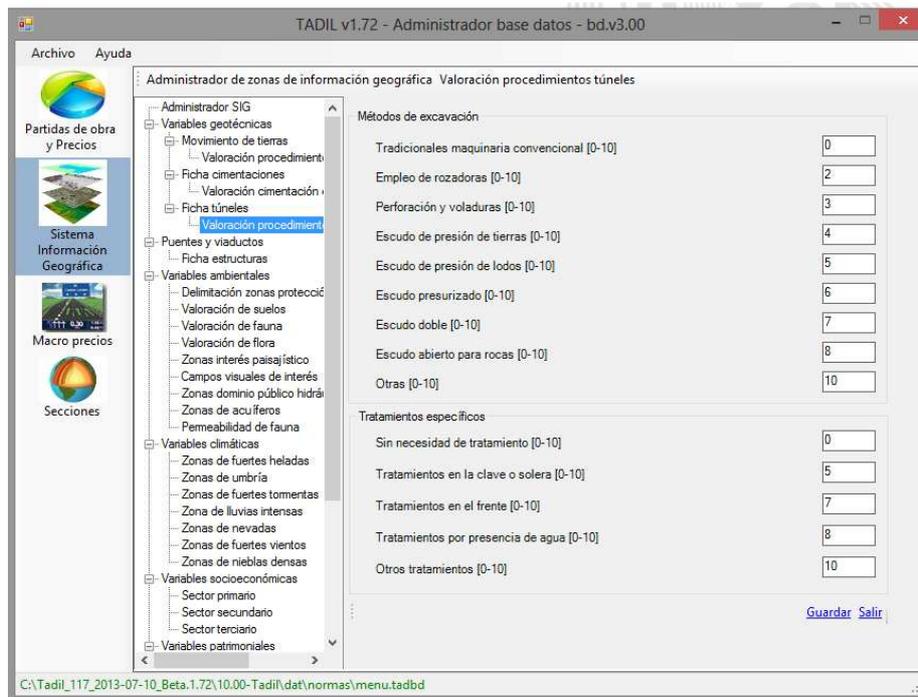


Imagen 2-11. Métodos de excavación y tratamientos específicos.

Los datos de gálibo vertical y ancho de plataforma sirven para generar la sección transversal del túnel. El gálibo horizontal se configura por el ancho de la plataforma indicado por el usuario más un margen mínimo de 30 cm por cada margen. El gálibo vertical más el gálibo horizontal configuran el rectángulo de gálibos. El usuario deberá estimar el gálibo necesario para que le quede un ancho de plataforma mínimo suficiente para implantar la calzada más el arcén correspondiente.

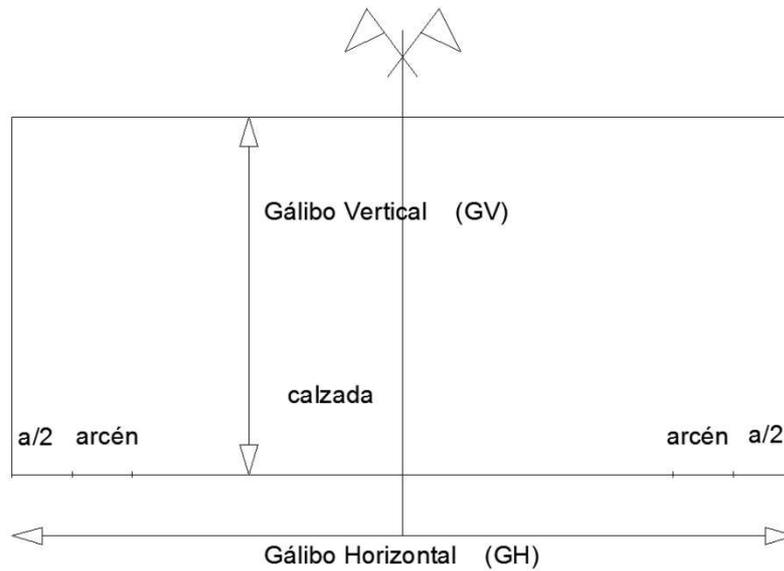


Imagen 2-12. Cuadro de gálibos en el túnel; a es el margen a considerar por el usuario.

Definidos el gálibo horizontal y el vertical se proponen tres geometrías al usuario que se configuran de la siguiente manera:

Circular: en este caso el perímetro interior pasa por los cuatro puntos del rectángulo que define el gálibo.

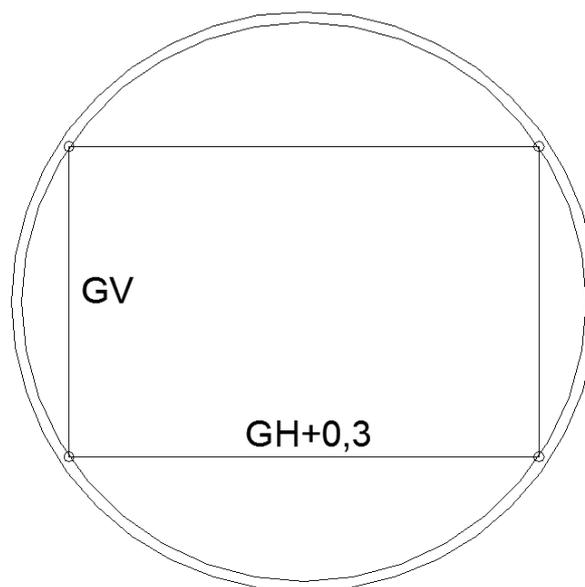


Imagen 2-13. Configuración de túnel con sección circular.

Herradura: el arco de medio punto en este caso se ubica sobre el gálibo.

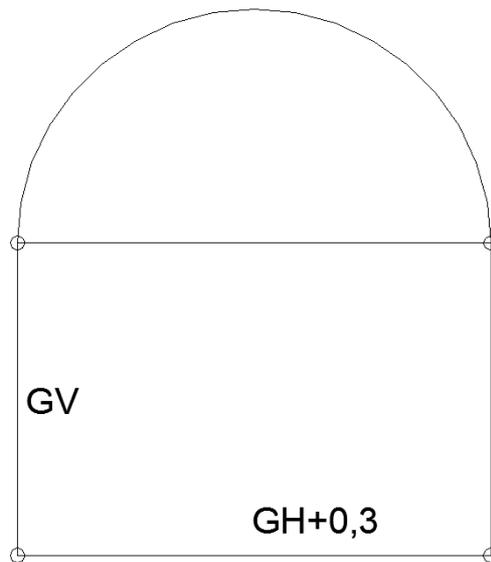


Imagen 2-14. Configuración de túnel con sección de herradura.

Bóveda: los arcos inferiores se proyectan radiados con centro en el vértice inferior opuesto del rectángulo de gálibos y pasando por el vértice superior del rectángulo de gálibos. El arco superior se proyecta desde el centro del rectángulo de gálibos pasando por los dos vértices superiores del rectángulo de gálibos.

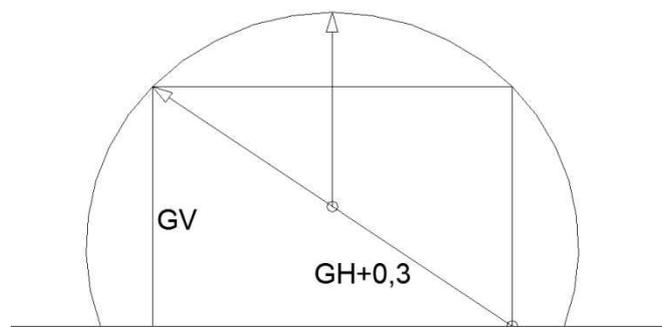


Imagen 2-15. Configuración de túnel con sección de bóveda.

El usuario además puede seleccionar si desea contra-bóveda o no, (sólo para secciones en herradura o en bóveda).

Finalmente la definición del sostenimiento y el revestimiento se hace en función del valor de RMR y acorde al siguiente cuadro:

| RMR | EXCAVACIÓN | BULONADO | GUNITADO | CERCHAS |
|-------|--|---|---|-------------------------------|
| >81 | Sección completa. Avances de 3 m. | Algún bulón ocasional. | Innecesario ó 5 cm por seguridad | No |
| 61-80 | Sección completa. Avances de 1-1,5 m. | Bulonado local en bóveda. L=2-3 m. S=2-2,5 m. | 5 cm en bóveda. Eventualmente mallazo | No |
| 41-60 | Avance y destrozas. Avances de 1,5-3 m. | Bulonado Sistemático. L=3-4 m. S= 1,5-2 m. | 5-10 cm en bóveda, 3 cm en hastiales. Mallazo en bóveda | No |
| 21-40 | Avance y destroza. Avabces de 1-1,5 m. | Bulonado Sistemático. L=4-5 m. S= 1-1,5 m. | 10-15 cm en bóveda. 10 cm en hastiales. Mallazo sistemático. | Ligeras; S=1,5 m. |
| <20 | Fases múltiples. Avances de 0,5-1 m. | Bulón sistemático, (incluso en solera). L=5-6 m, S=1-1,5 | 15-20 cm bóveda. 15 cm en hastiales y 5 cm en frente. Mallazo sistemático. | Pesadas y cerradas; S=0,75 |

Tabla 2-3. Tabla de RMR.

En base al cuadro de valores de RMR anterior, el programa ofrece incorporar la sección tipo túnel en cada sección transversal donde se requiera, generando cinco grupos con los siguientes detalles de bulonado y gunitado:

| Grupo | Bulonado | Gunitado |
|-------|------------------------------------|-------------------------------|
| 1 | Sólo ocasional | 5 cm. |
| 2 | Local en bóveda. L. media=3 m | 5 cm. |
| 3 | Sistemático. L.media= 4 m. | 10 cm bóveda. 5 cm resto. |
| 4 | Sistemático. L.media=5 m. | 15 cm bóveda. 10 cm resto. |
| 5 | Intensivo y en solera. L.m=6 m. | 20 cm bóveda. 15 cm resto. |

Tabla 2-4. Opciones de sostenimiento que se representan en las secciones transversales.

Las variables anteriores sirven para dibujar la sección transversal. La bóveda se diferenciará del resto del túnel para el sostenimiento por el siguiente criterio:

- sección circular: los 120° superiores del círculo.
- sección herradura: el arco superior.
- sección bóveda: el arco superior y la mitad superior del arco inferior.

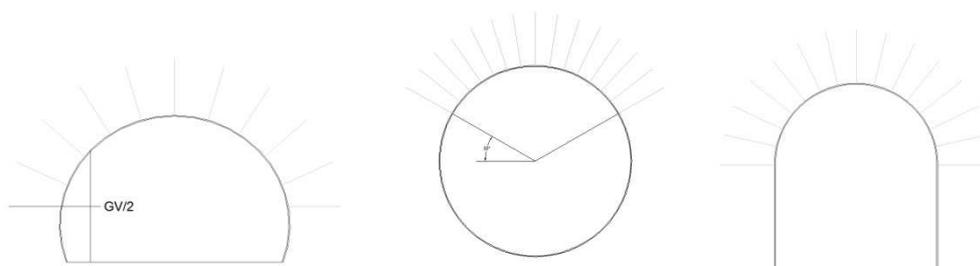


Imagen 2-16. Localización de zona de refuerzo superior en las tres tipologías de túneles

El usuario puede elegir el grupo anterior en función del RMR introducido.

En este caso se asignará el sostenimiento de la siguiente manera:

| Grupo | RMR |
|-------|--------|
| 1 | 81-100 |
| 2 | 61-80 |
| 3 | 41-60 |
| 4 | 21-40 |
| 5 | 0-20 |

Tabla 2-5. Asignación de grupos de sostenimiento según RMR.

Todos los datos anteriores como se ha indicado sólo sirven para pintar de forma orientativa la sección transversal elegida. Obviamente el ingeniero civil o de caminos, canales y puertos deberá sopesar si prefiere incorporar una sección que se adapte mejor a su proyecto.

La tipología que se requiera de túnel y su coste asociado constituyen una variable determinante en tanto en cuando la mayor carestía de la ejecución será considerada en los algoritmos de cálculo automático de trazados.

Finalmente cabe indicar que los procedimientos de excavación y la necesidad de tratamientos específicos son variables cualitativas.

En la página siguiente se aportan los esquemas de revestimiento para las diferentes formas geométricas que se consideran.

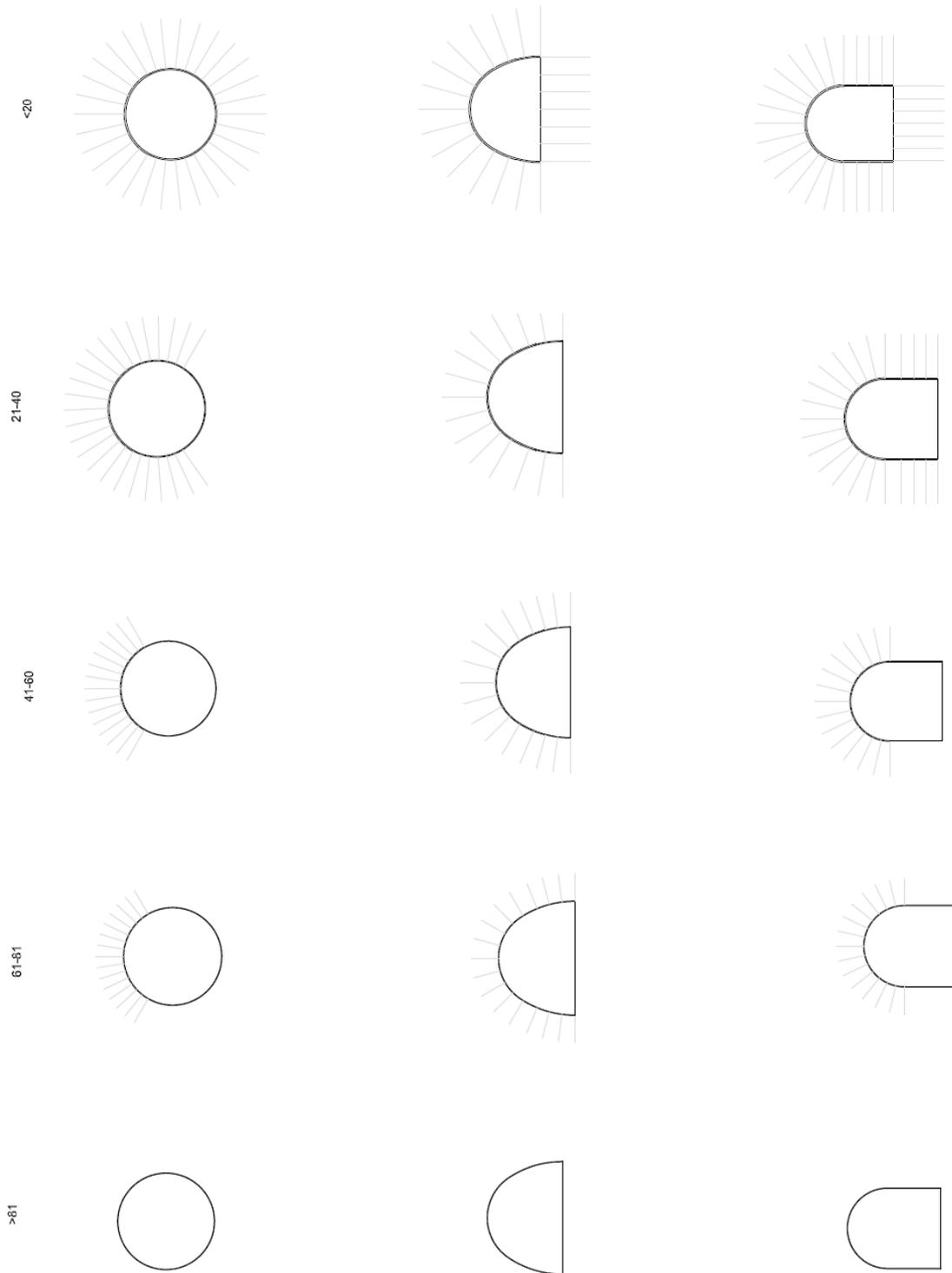


Gráfico 2-2. Esquemas de sección tipo de túnel según geometría y revestimiento por RMR.

1.3. Variables geotécnicas para estructuras.

Para la definición de las variables geotécnicas en túneles se analizan los siguientes parámetros:

- Cimentación en viaductos y puentes.
- Cimentación en pasos inferiores y obras menores.
- Procedimiento de excavación.
- Presencia de agua.

Todas las variables anteriores son cualitativas. La influencia sobre el coste deberá hacerla el usuario en el menú de estructuras al definir el código que tendrá asociado un precio indicado por el usuario.

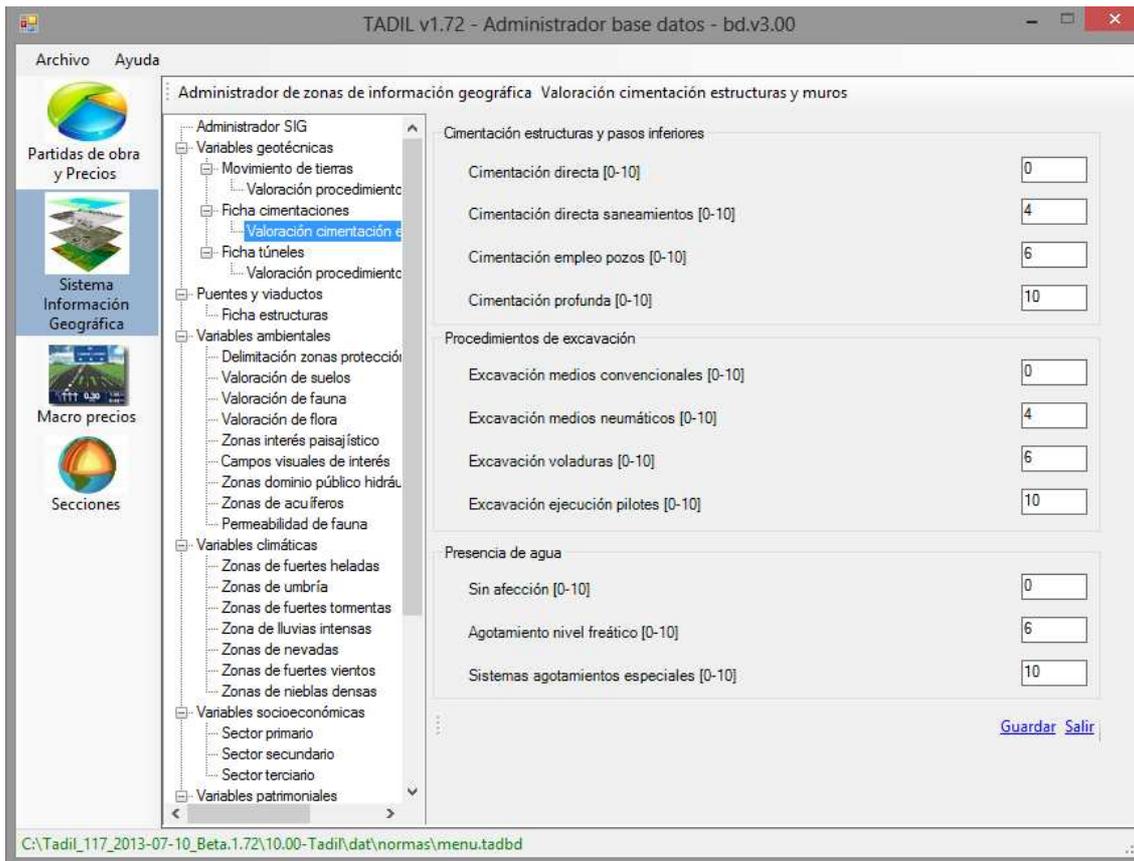


Imagen 2-17. Variables cualitativas para cimentaciones de estructuras.

SOFTWARE TADIL

TÉCNICAS DE AUTOTRAZADO PARA EL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURAS LINEALES

EL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO.

SUB-CAPÍTULO 4. VARIABLES MEDIOAMBIENTALES

0. Introducción.

En el presente capítulo se describen las variables medioambientales, su implementación y su incidencia sobre el trazado.

1. Variables Medioambientales.

Las variables medioambientales que se consideran en el presente apartado son:

- Zonas de protección:
- Valoración de fauna:
- Valoración de flora:
- Valoración de suelos:
- Afecciones hídricas e hidrogeológicas:
 - Zonas de dominio público hidráulico, (incluyendo lagos ó presas). Se pueden incluir varias clasificaciones si el usuario quiere: vaguadas, arroyos, cauces con aguas permanentes, etc...
 - Ángulo máximo de cruce de líneas de agua.
 - Gálibo sobre líneas de agua.
 - Acuíferos, (también con una o varias clasificaciones).
- Medio Perceptual:
 - Zonas de interés paisajístico, (varias clasificaciones).
 - Campos visuales de interés.
- Permeabilidad al paso de fauna:
 - Áreas donde se exige la construcción de pasos a desnivel para paso de fauna.

La ficha general de entrada de variables medioambientales permite seleccionar cada uno de los grupos anteriores.

Seguidamente vamos a describir cada una de las variables medioambientales.

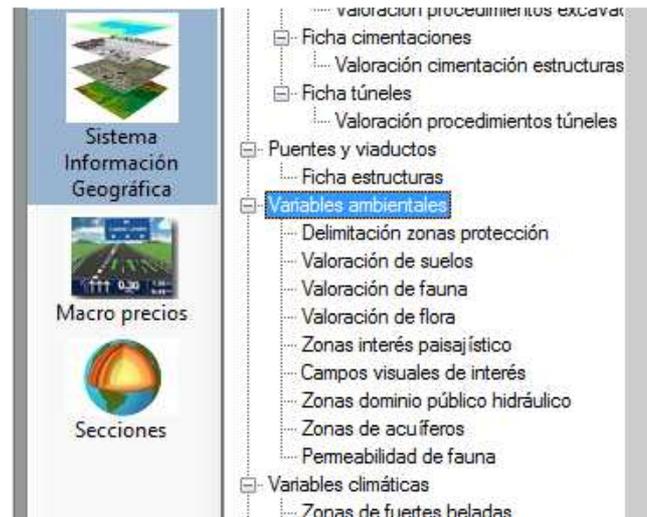


Imagen 2-18. Arquitectura de menú de selección de grupo de variables medioambientales

1.1. Zonas de protección.

Esta variable como la mayoría de variables medioambientales podrá dividirse en varias categorías según las clasificaciones que desee hacer el usuario. El usuario deberá asignar valoraciones a cada elemento de cada categoría. Así una clasificación usual por ejemplo puede ser:

- Planes especiales de protección del medio físico.
- Atlas de Espacios Naturales.
- Parques Naturales.
- Parques Nacionales.
- Red Natura.
- Lugares de Interés Comunitario.
- Reserva de la Biosfera.

En el ejemplo que se adjunta vemos que son posibles numerosas clasificaciones dada la riqueza natural del entorno.

En este espacio así aparecen zonas de interés comunitario, reservas de la biosfera, zonas del plan especial del medio físico, zonas del atlas de espacios naturales, zonas de la red natura, (zonas ZEPA), y parques naturales.

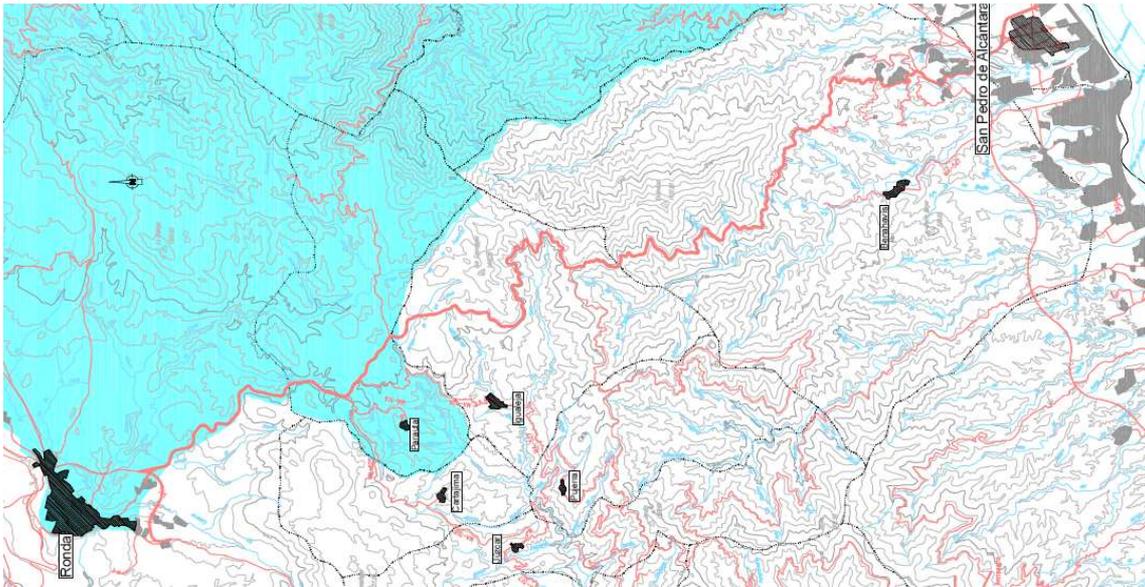
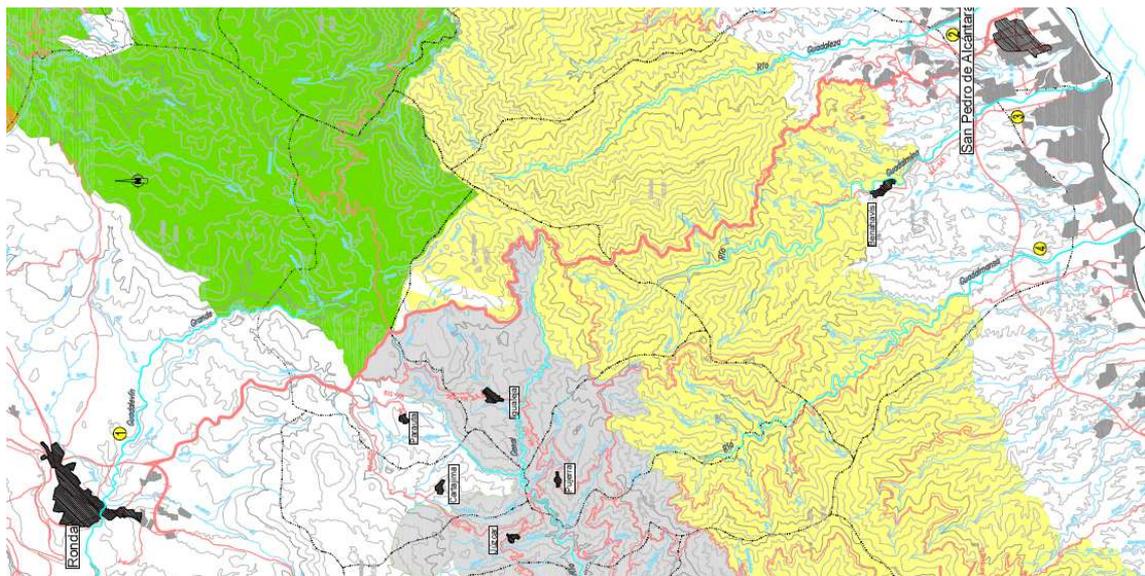


Imagen 2-19. Reserva de la Biosfera.



LUGARES DE INTERES COMUNITARIO

- SIERRA DE LAS NIEVES
- SIERRA BLANQUILLA
- SIERRA BERMEJA Y REAL
- LOS REALES DE SIERRA BERMEJA
- SIERRA CRESTELLINA
- VALLE DEL RIO DEL GENAL
- FONDOS MARINOS DE LA BAHIA DE ESTEPONA

Imagen 2-20. Lugares de Interés Comunitario

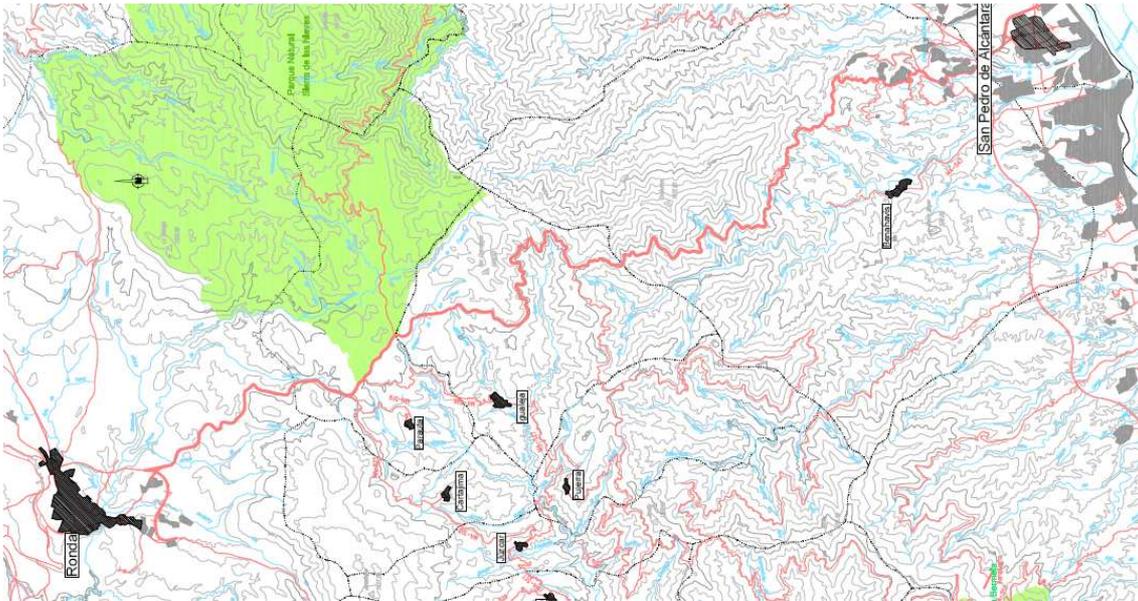
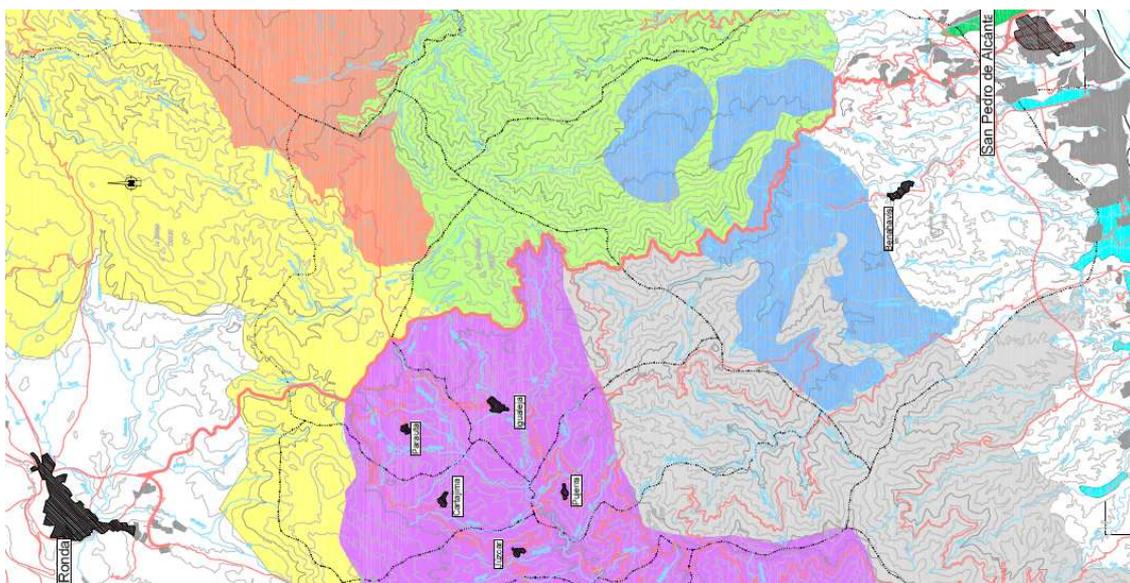


Imagen 2-21. RED NATURA 2000 Zona ZEPA.



- PLAN ESPECIAL DE PROTECCION DEL MEDIO FISICO
- CS-20 VALLE DEL GENAL
 - CS-14 SIERRA OREGANAL - HIDALGA - BLANQUILLA
 - PE-1 SIERRA DE LAS NIEVES
 - CS-18 SIERRA REALPALMITERA-APRETADERAS
 - PE-3 LOS REALES DE SIERRA BERMEJA
 - AG-8 VEGA MARGEN DERECHA DEL RIO GUADAIZA
 - CS-24 SIERRA BERMEJA
 - HUERTAS DE ESTEPONA (PROTECCION CAUTELAR)
 - MONTES DE BENAHAIVIS (PROTECCION CAUTELAR)

Imagen 2-22. Plan especial de protección del medio físico.

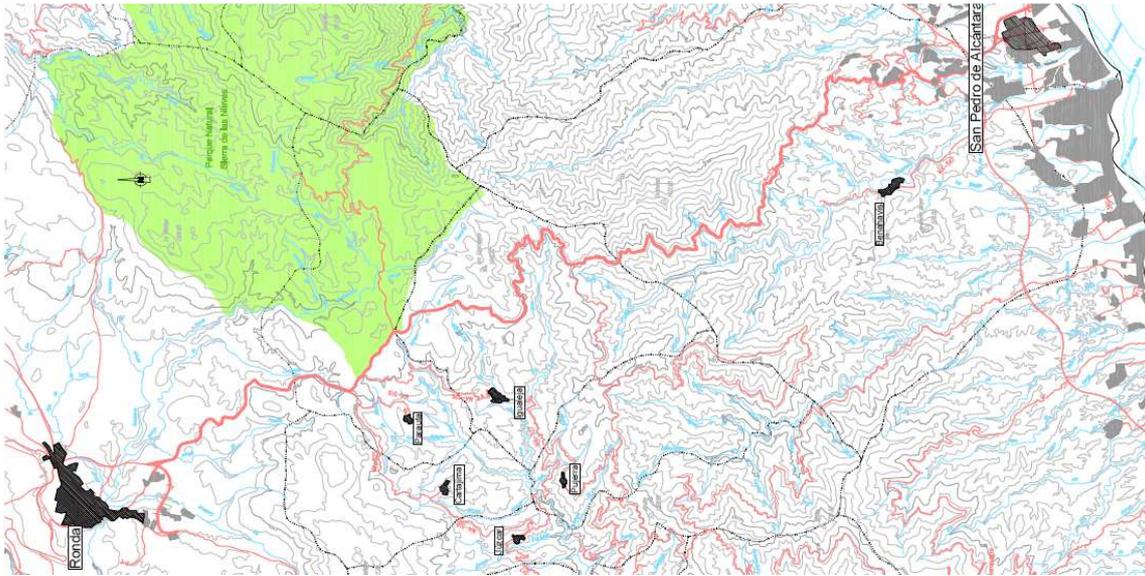
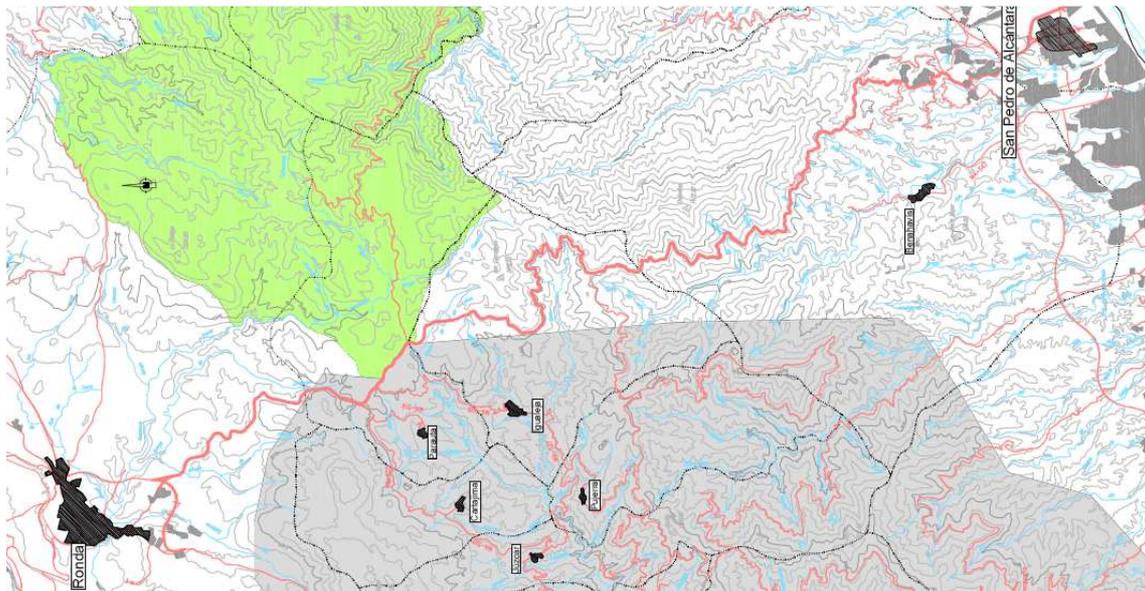


Imagen 2-23. ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS



ATLAS DE ESPACIOS NATURALES Y RECURSOS CULTURALES DE INTERES PARA EL TRAZADO DE CARRETERAS (1993)

- SIERRA DE LAS NIEVES
- SIERRA BERMEJA
- LOS REALES DE SIERRA BERMEJA
- SIERRA CRESTELLINA

Imagen 2-24. ATLAS DE ESPACIOS NATURALES

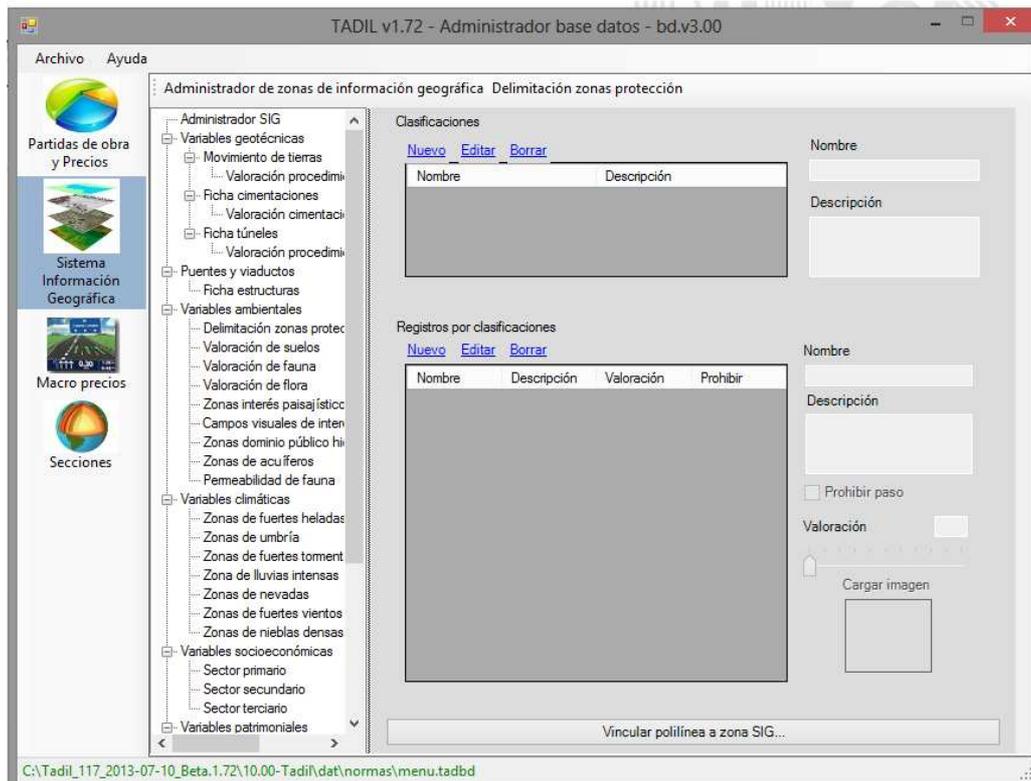


Imagen 2-25. Arquitectura de introducción de clasificaciones, y zonas con valoraciones.

Para cada zona además se pueden establecer prohibiciones de paso de las alternativas.

En cada punto la puntuación final de la variable zona de protección corresponderá a la suma de las valoraciones de cada una de las áreas a las que pertenezca dicho punto, con un máximo de 10. Cuando la valoración sea superior se considerará un valor de 10.

1.2. Fauna.

De la misma forma para esta variables pueden establecerse varias clasificaciones. Una clasificación frecuente suele ser:

- mamíferos protegidos.
- invertebrados protegidos.
- aves protegidas.
- anfibios y reptiles protegidos.

El usuario podrá hacer las clasificaciones que desee considerando o no el grado de protección.

Y de la misma forma puede restringirse el paso de las alternativas cuando el usuario entienda que pueda derivarse una afección contundente al hábitat y por tanto a las especies protegidas.

En este caso además el usuario podrá introducir una imagen característica de la especie.

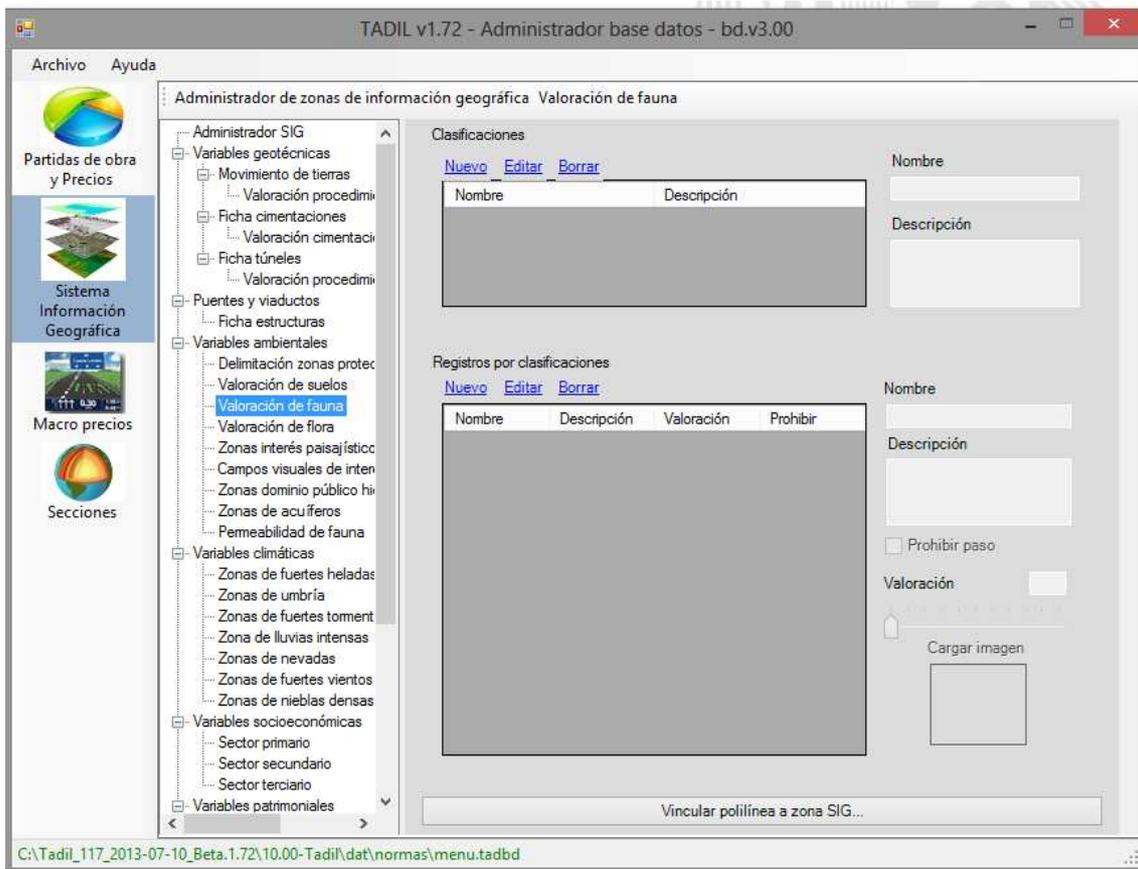


Imagen 2-26. Arquitectura de introducción de clasificaciones, y zonas según fauna.

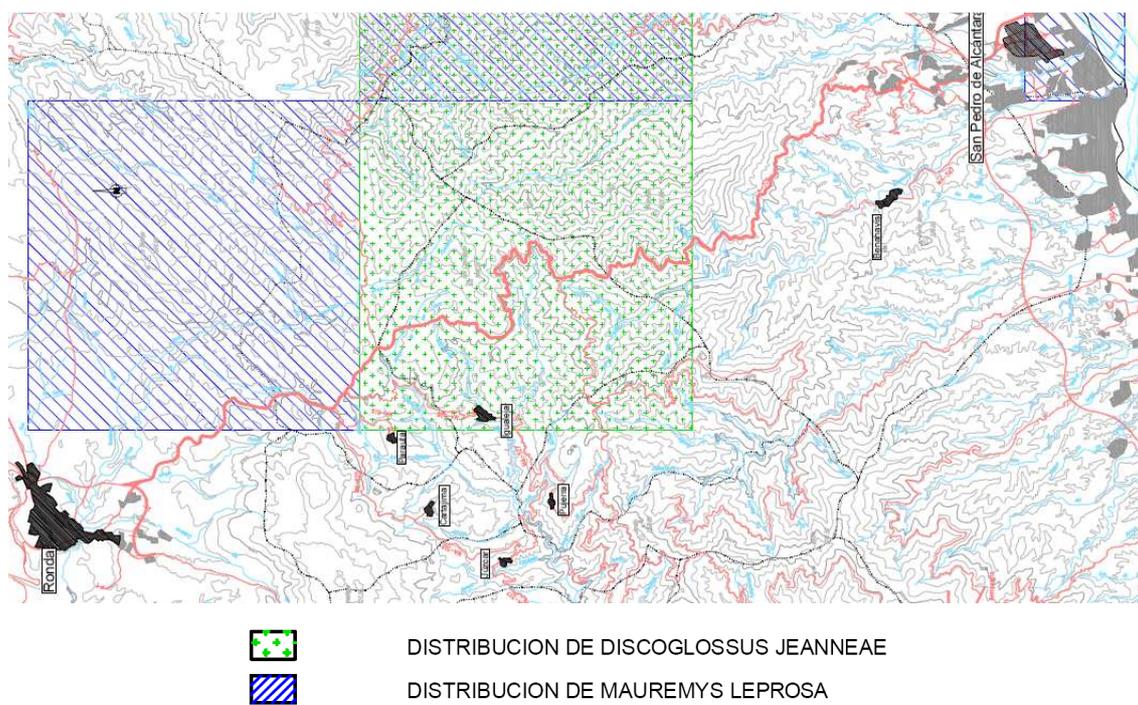


Imagen 2-27. Ejemplo de distribución de anfibios y reptiles protegidos

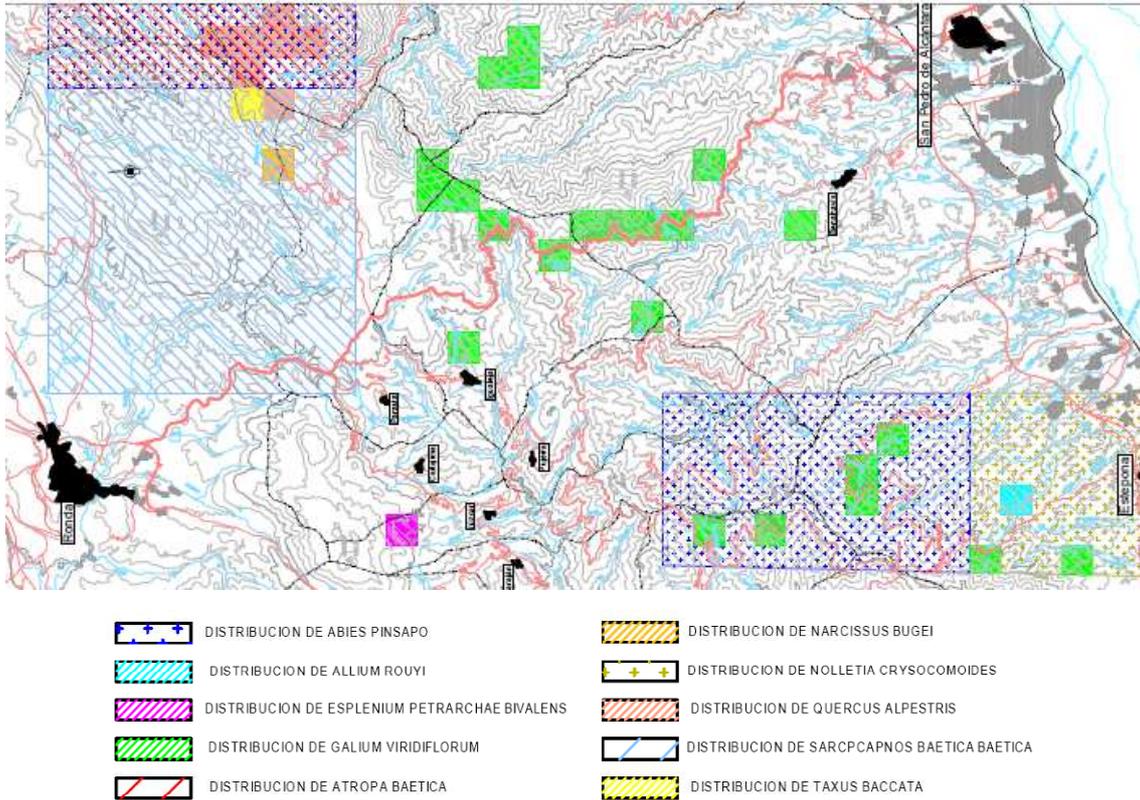


Imagen 2-28. Ejemplo de distribución de aves protegidas.

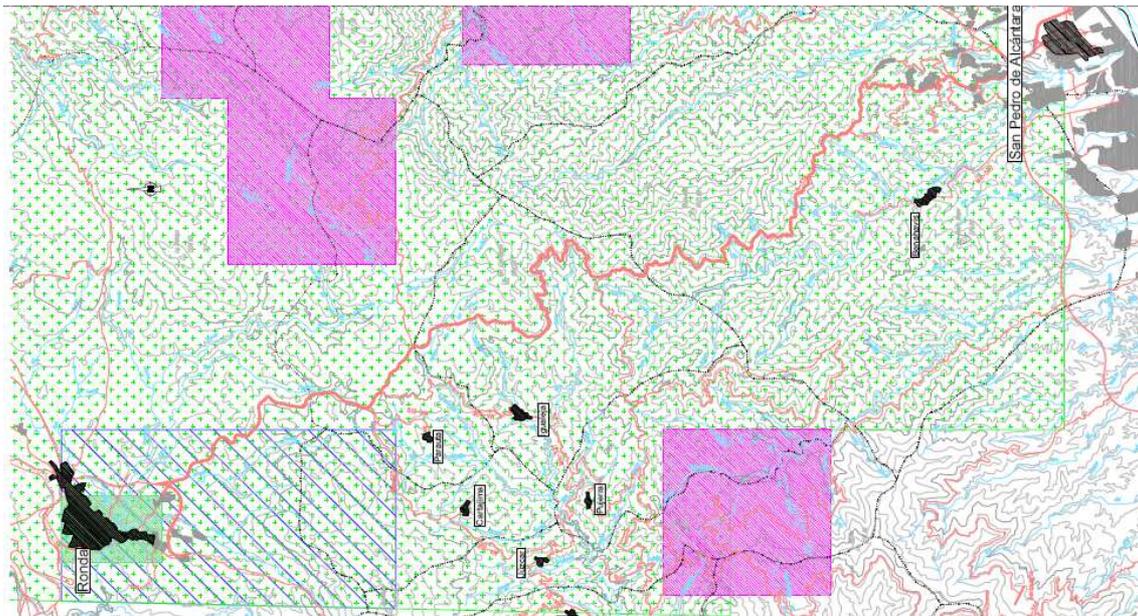
1.3. Flora.

De la misma forma para esta variables pueden establecerse varias clasificaciones. Dos clasificaciones usuales vienen siendo las de flora protegida y zonas forestales. A su vez a veces las zonas forestales también son subdividas.

De la misma forma en este caso puede prohibirse el paso de las alternativas por determinadas áreas.

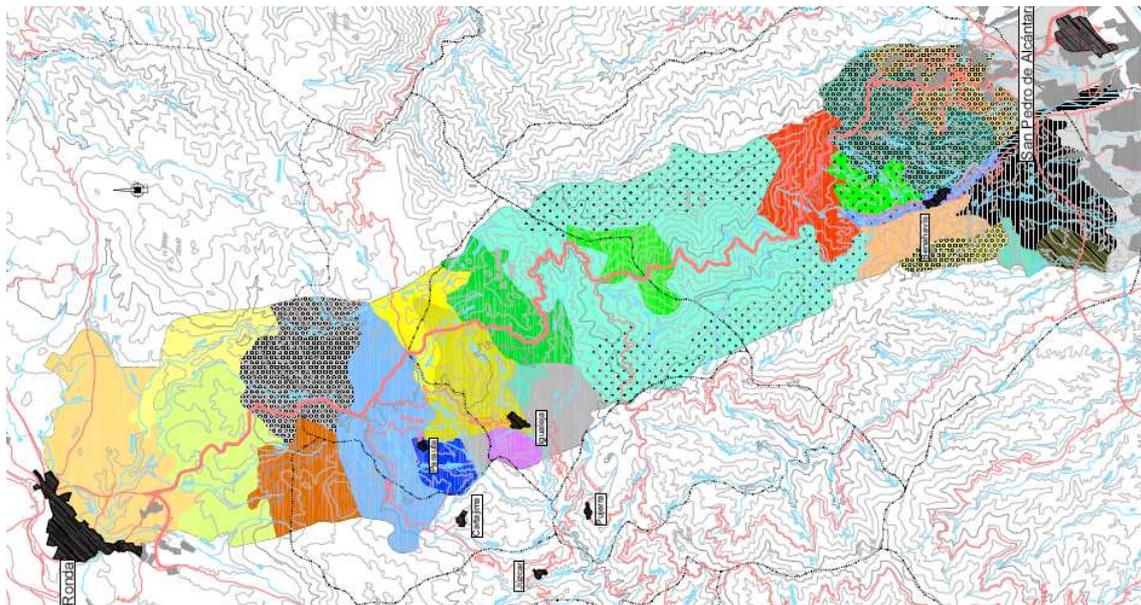
Pueden incorporarse imágenes alusivas a la flora correspondiente al área que se marque.

En el cuadro el usuario indicará la valoración de cada una de las especies o de las zonas forestales.



-  DISTRIBUCION DE NEOPHRON PERNOPTERUS
-  DISTRIBUCION DE AQUILA CHRYSAETOS
-  DISTRIBUCION DE HIERAAETUS FASCIATUS
-  DISTRIBUCION DE FALCO NAUMANNI

Imagen 2-29. Ejemplo de distribución de aves protegidas



-  Areas Agrícolas
-  Quercus ilex rotundifolia con matorral mixto (Ulex parviflorus) y pastizal denso
-  Mosaico irregular de matorral bajo (Ulex parviflorus) y pastizal estacional denso
-  Mosaico irregular de desierto kárstico y pastizal estacional denso
-  Mosaico irregular de semidesierto kárstico y matorral mixto bajo (Ulex parviflorus)
-  Mosaico irregular de desierto kárstico y matorral mixto medio (Ulex parviflorus y Stipa tenacissima)
-  Quercus ilex rotundifolia con inclusión de Abies pinsapo
-  Mosaico irregular de Castanea sativa y Quercus ilex
-  Castaña sativa.
-  Mosaico irregular de Castanea sativa y Quercus ilex
-  Matorral mixto calcícola
-  Mosaico irregular de semidesierto kárstico y matorral mixto (Ulex sp.)
-  Pinus pinaster

Imagen 2-30. Ejemplo de distribución de zonas forestales.

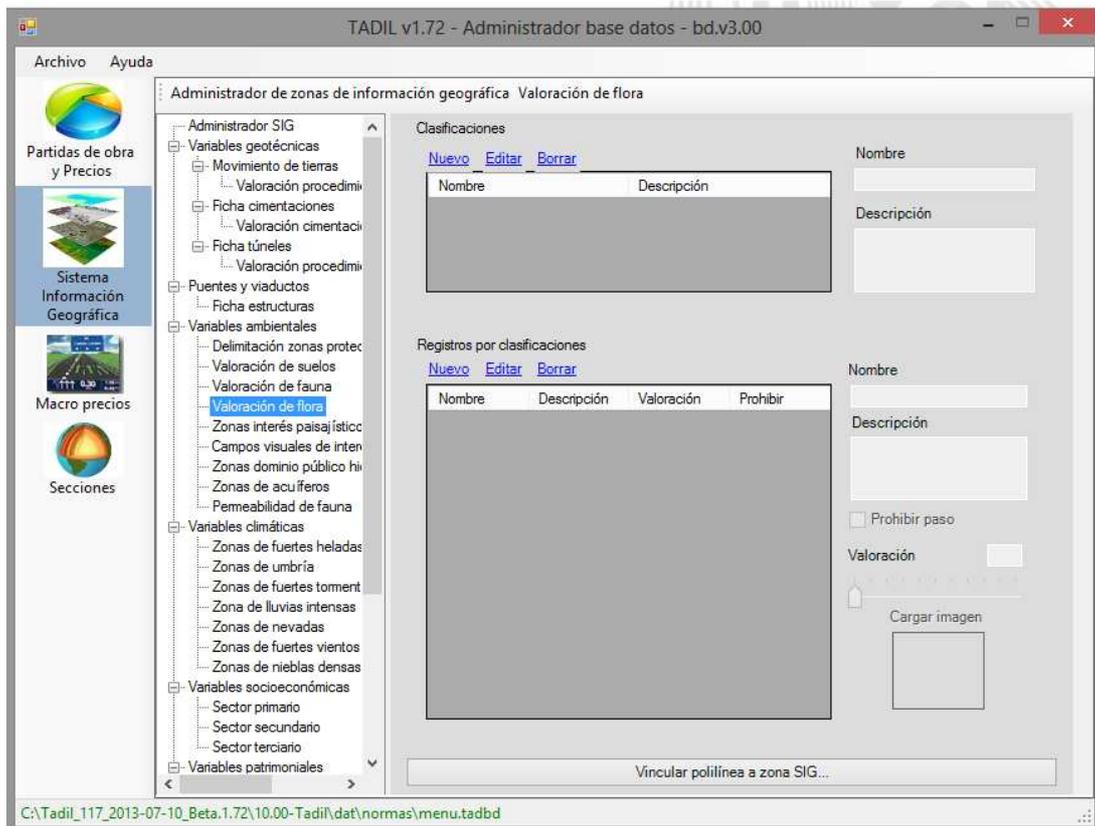


Imagen 2-31. Diseño de menú de introducción de clasificaciones y áreas zonales de flora

1.4. Suelos.

La definición de la edafología de la zona de estudio sigue el mismo patrón que los anteriores.

La diferenciación de las áreas puede hacerse por colores.

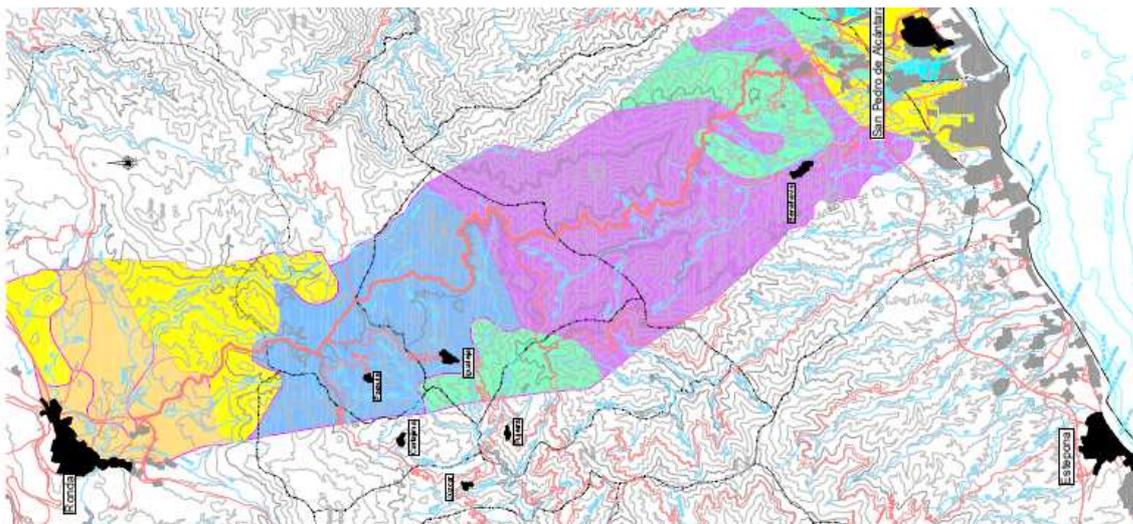


Imagen 2-32. Ejemplo de definición de la edafología de la zona de estudio.

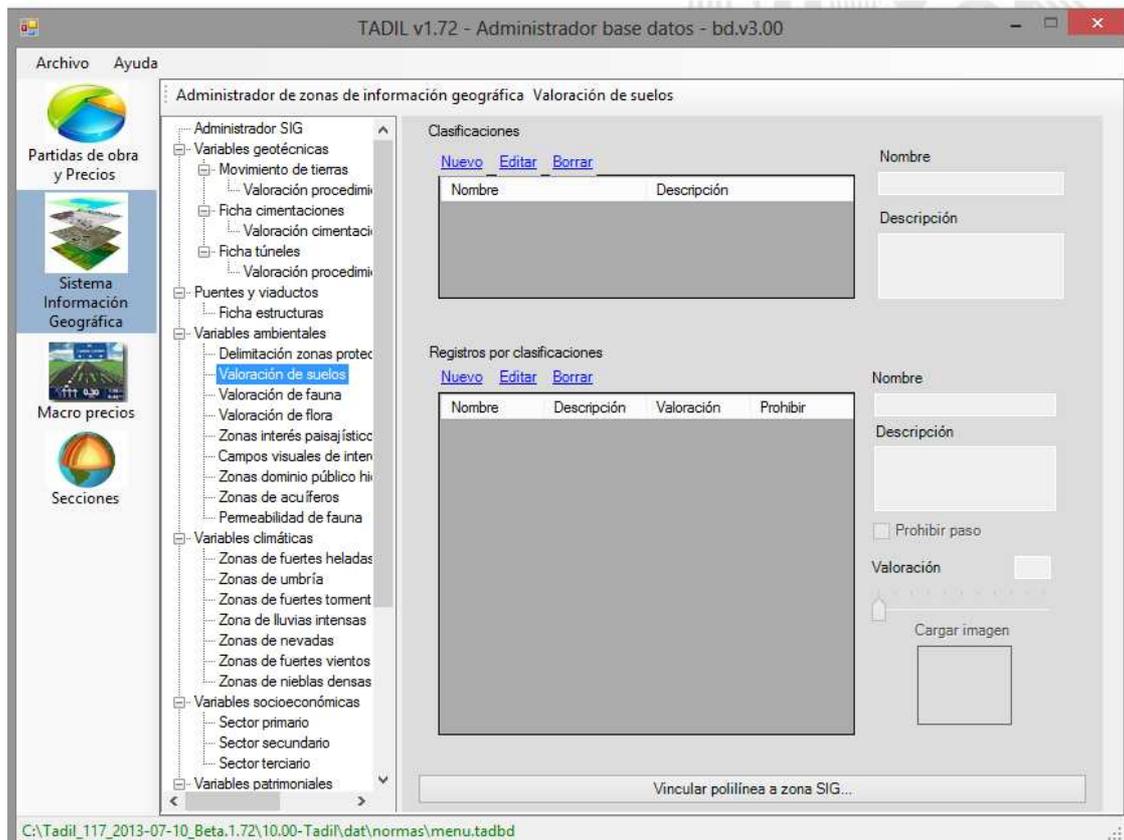


Imagen 2-33. Menú de introducción de suelos.

1.5. Afecciones hídricas e hidrogeológicas.

Dentro de las afecciones hídricas e hidrogeológicas diferenciamos entre zonas hidráulicas de dominio público y zonas hidrogeológicas.

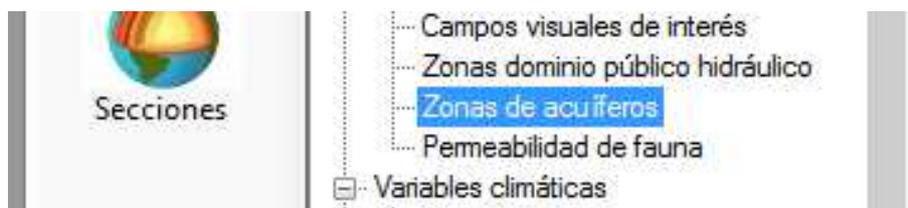


Imagen 2-34. Selección de variables hídricas o hidrogeológicas

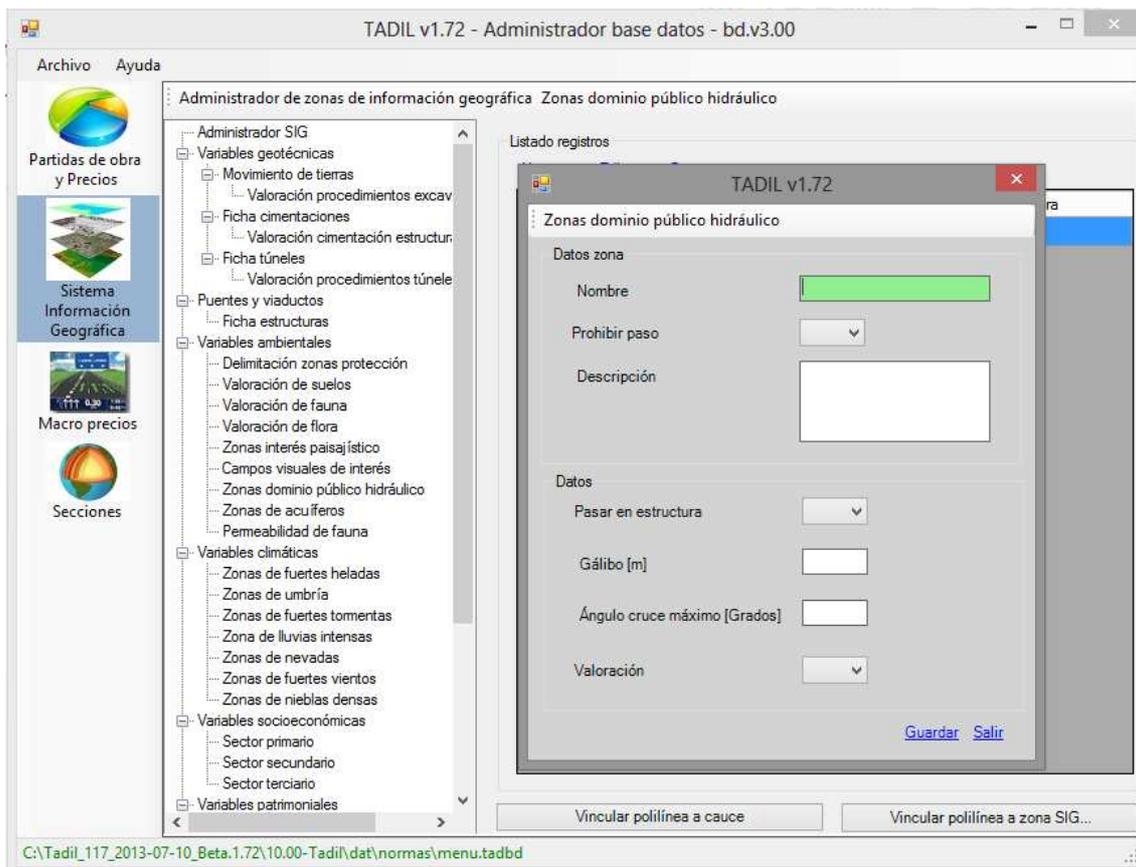


Imagen 2-35. Arquitectura de menú de Dominio Público Hidráulico

Para las zonas de dominio público hidráulico se establece una diferenciación dada por la valoración que indique el usuario. Así no es lo mismo un arroyo que un cauce de aguas permanentes. Por este motivo se establece una valoración cualitativa.

En este menú además pueden introducirse lagos o embalses.

Cuando se quiera implementar una tipología concreta de estructura sobre el dominio público deberá hacerse coincidir la ficha de estructuras con la ficha del cauce público a atravesar.

Para los acuíferos el tratamiento es similar al resto de parámetros medioambientales analizándose como variable cualitativa.

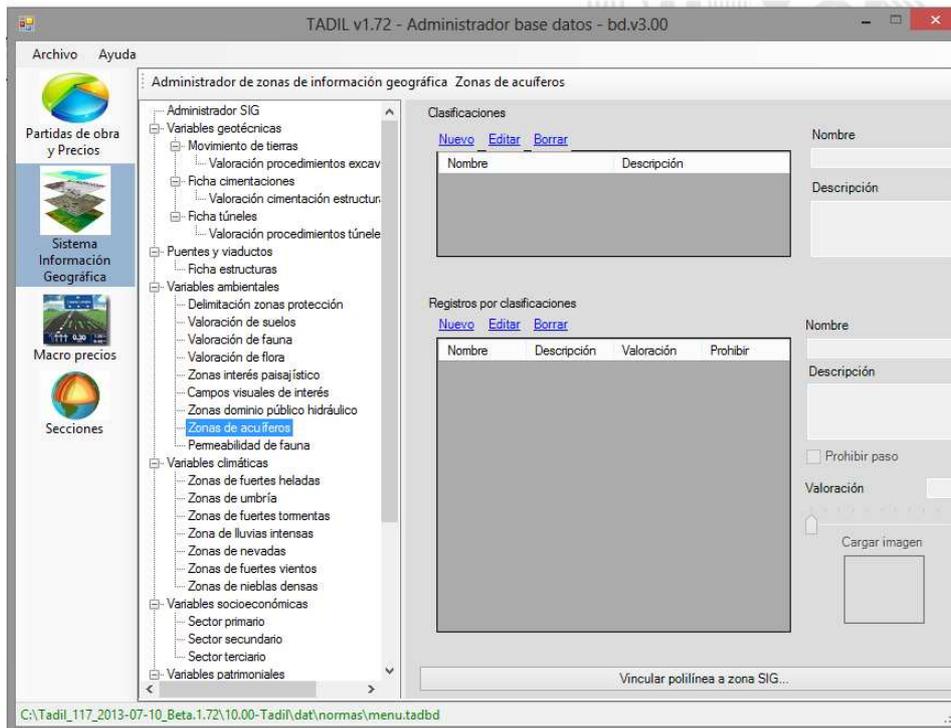
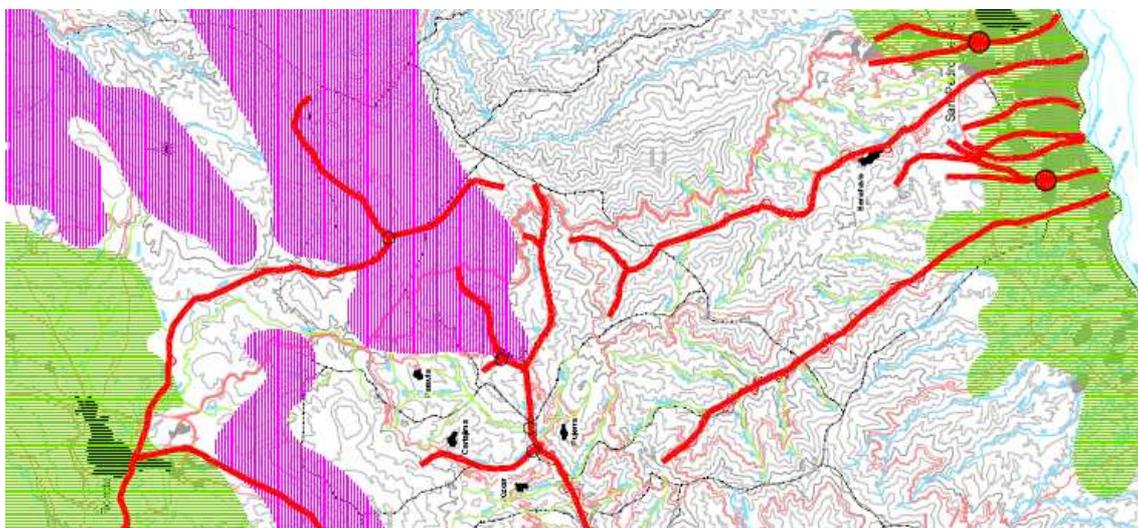


Imagen 2-36. Introducción de variables hidrogeológicas



- CAUCE PRINCIPAL (AFECCION MUY ALTA)
- CAUCE SECUNDARIO (AFECCION BAJA)
- ACUIFEROS CARBONATADOS (AFECCION MEDIA)
- ACUIFEROS DETRITICOS (AFECCION MEDIA)

Imagen 2-37. Introducción de zonas de dominio público y cauces.

1.6. Medio perceptual.

Se compone de espacios de interés paisajístico con una calificación meramente cualitativa y de campos visuales radiados desde puntos de interés como pueden ser miradores o zonas pobladas.

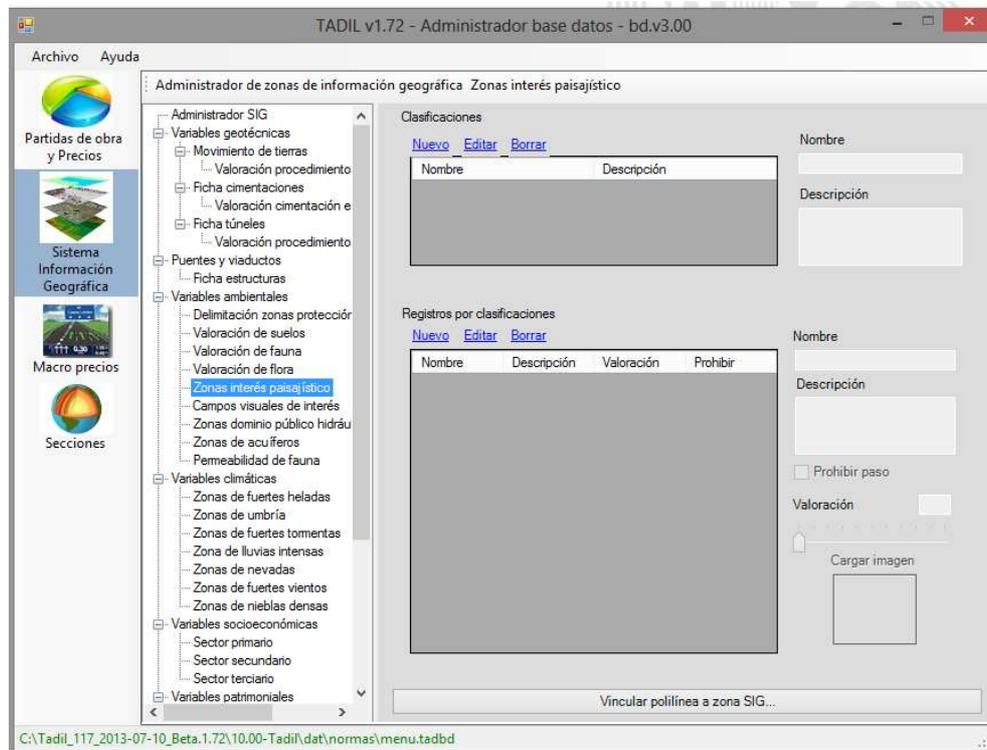


Imagen 2-38. Zonas de interés paisajístico.

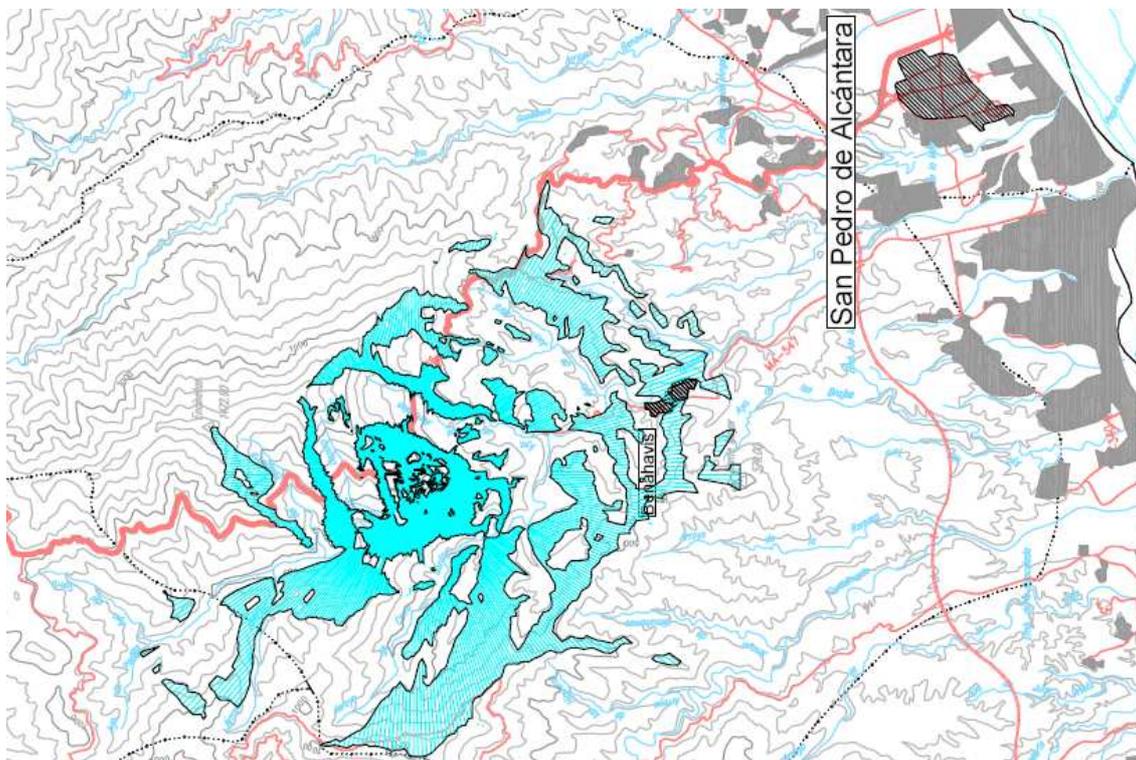


Imagen 2-39. Ejemplo de campo visual obtenido desde mirador en Benahavis.

De la misma forma pueden definirse zonas de especial interés paisajístico.

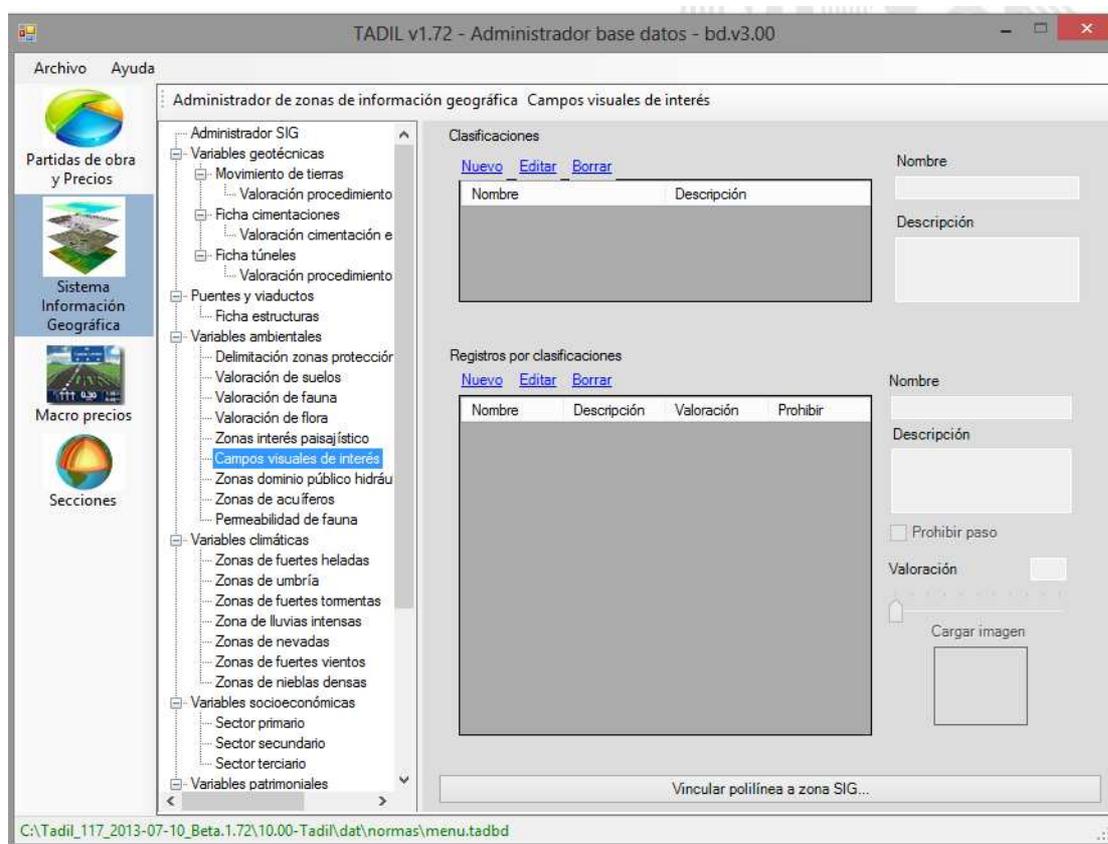


Imagen 2-40. Menú de definición de campos visuales.

1.7. Permeabilidad para fauna.

Para zonas sensibles con fauna protegida o en peligro de extinción las autoridades medioambientales suelen exigir la disposición de pasos de fauna.

Los pasos de fauna se disponen para no alterar los movimientos usuales de la fauna, evitando el cruce con infraestructuras lineales. La separación de pasos de fauna dependerá de la dispersión territorial de las diferentes especies consideradas y de la intensidad de las mismas.

Obviamente a mayor intensidad de pasos de fauna la valoración subjetiva será peor.

Esta variable no es equivalente a la de valoración de la variable fauna, ya que en este caso estamos valorando la necesidad de preservar la movilidad de diferentes especies en el territorio, y no en sí la valoración de la especie en concreto; así por ejemplo en una zona determinada puede predominar la cabra montés, como especie no protegida, siendo imprescindible garantizar los movimientos diarios de las mismas hacia las zonas de valle o vaguada.

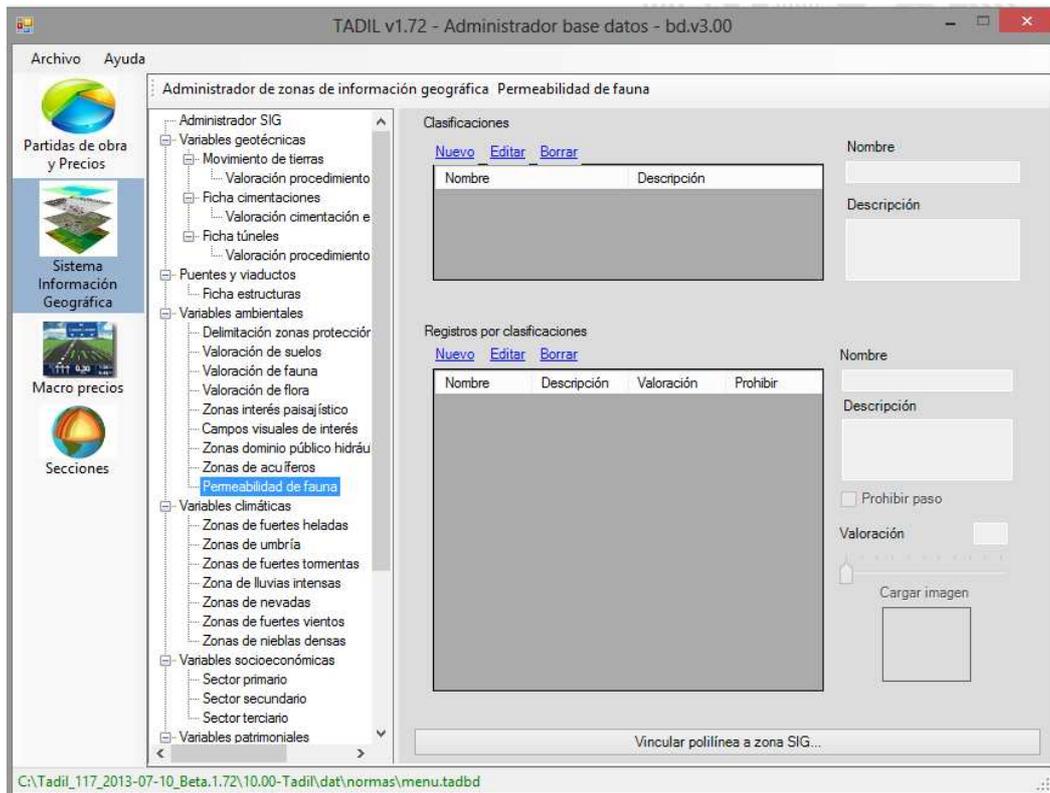


Imagen 2-41. Menú de valoración de los pasos de fauna.

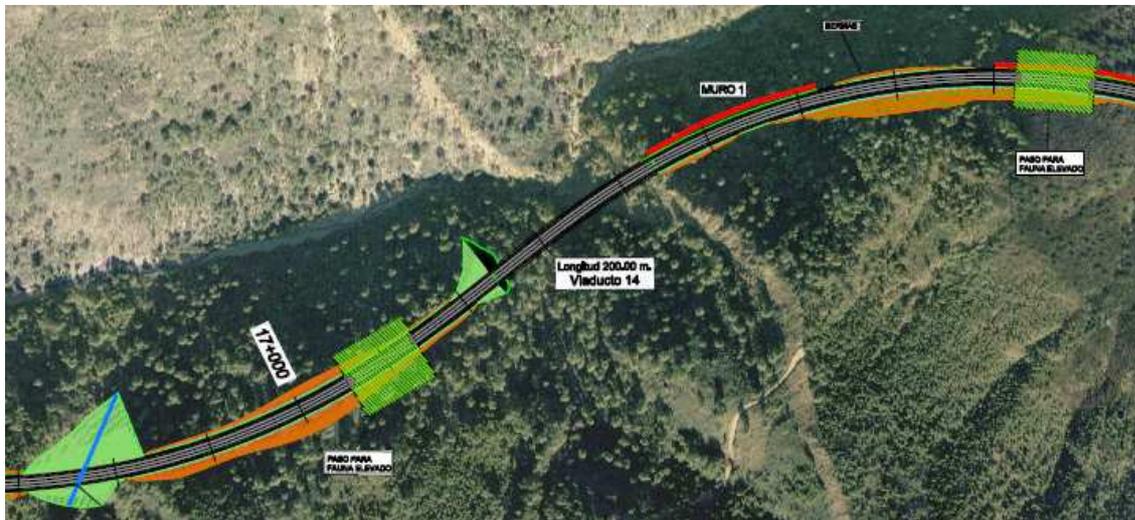


Imagen 2-42. Ejemplo de disposición de pasos de fauna en trazado.

SOFTWARE TADIL

TÉCNICAS DE AUTOTRAZADO PARA EL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURAS LINEALES

EL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO.

SUB-CAPÍTULO 5. VARIABLES CLIMÁTICAS

0. Introducción.

En el presente capítulo se describen las variables climáticas, su implementación y valoración cualitativa.

1. Variables Climáticas.

Las variables climáticas sólo tienen carácter cualitativo por lo que permiten la valoración subjetiva de las alternativas una vez trazadas.

Las variables que se implementan son:

- Zonas de fuertes heladas.
- Zonas de umbría.
- Zonas de frecuentes tormentas.
- Zonas de lluvias intensas.
- Zonas de nevadas frecuentes.
- Zonas de fuertes vientos.
- Zonas de nieblas densas.

Todas las variables se implementan por áreas y con una valoración subjetiva. El usuario podrá hacer cuantas clasificaciones desee. Por ejemplo en la variable lluvia, número de días de precipitación, precipitación media anual, etc...

Seguidamente pasamos a comentar cada una de las variables.

1.1. Fuertes heladas.

Las zonas de fuertes heladas corresponden a áreas donde es frecuente la formación de hielo en días invernales, siendo característica la permanencia de una capa de hielo superficial a lo largo de todo el día, o en buena parte del mismo. Son zonas **NO RECOMENDABLES** para la implantación de trazados dados los problemas de accidentalidad usuales en estas áreas.

En general se suele parametrizar la variable por **el número de días con temperaturas mínimas inferiores a los 3°**. A mayor número de días con esta característica menor valoración.

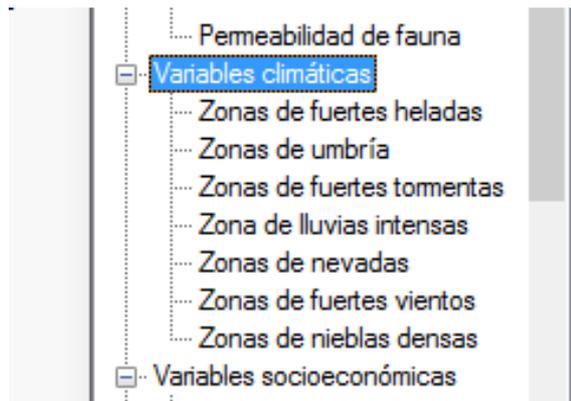


Imagen 2-43. Selección de variables climáticas.

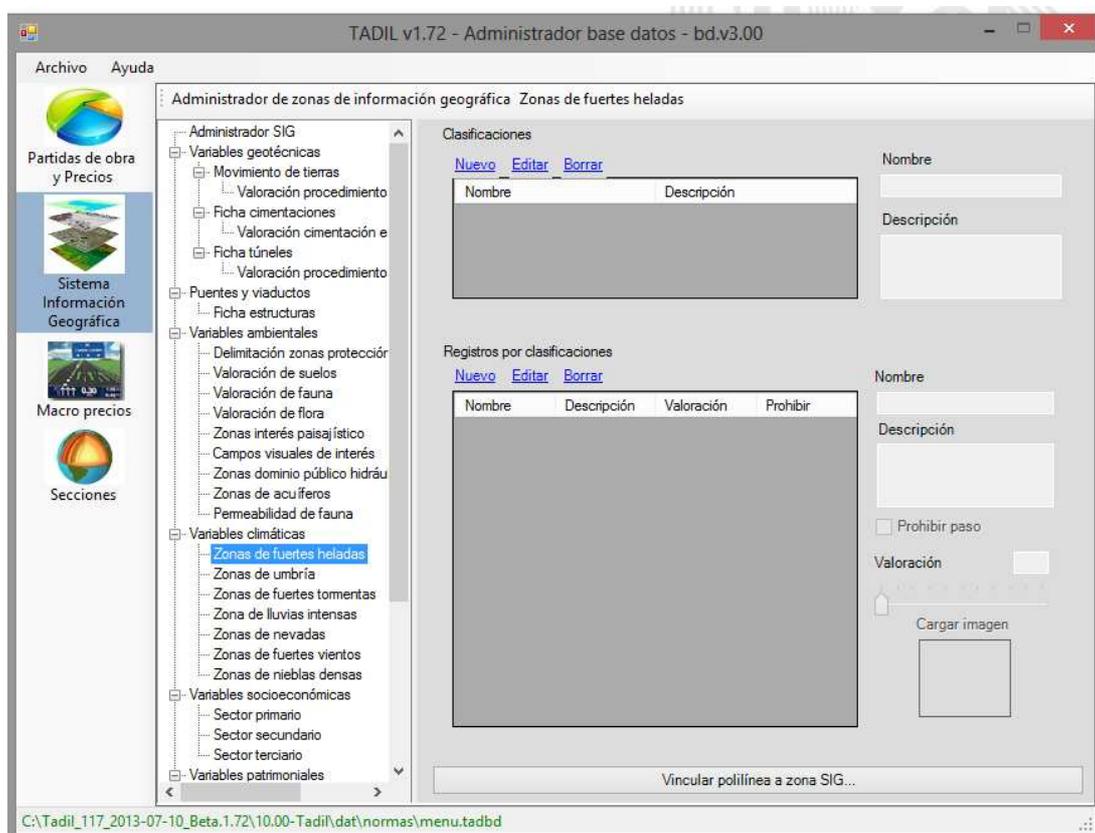
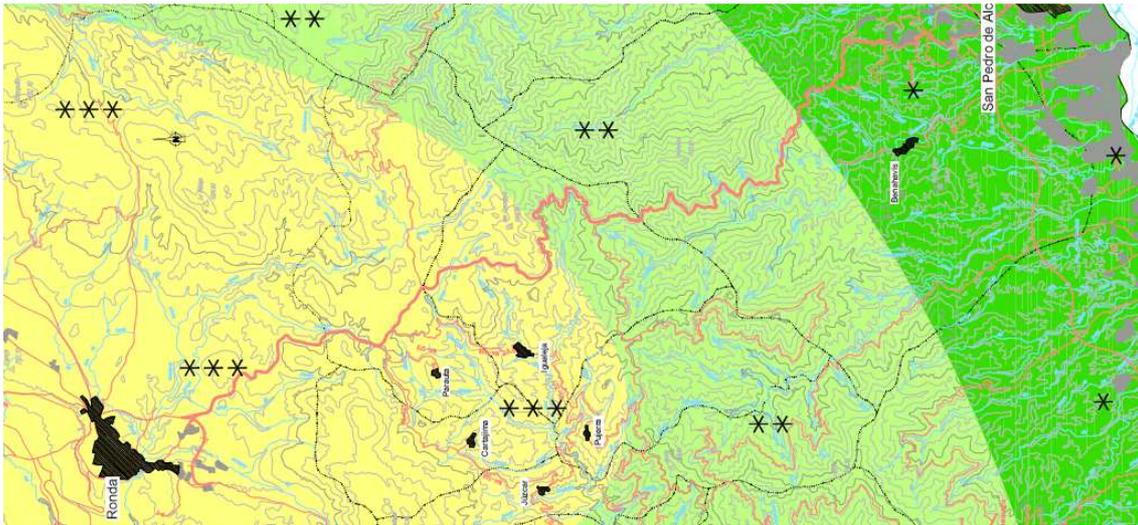


Imagen 2-44. Arquitectura menú zonas de fuertes heladas



LEYENDA



Imagen 2-45. Ejemplo de delimitación de zonas según número de días de helada

1.2. Zonas de umbrías.

Las zonas de umbrías están asociadas a la formación de heladas matutinas y tardías, motivadas por la escasez de horas de luz solar, favoreciendo la formación de placas de hielo localizadas. En estas laderas la temperatura puede ser hasta 10° C inferior a la de las zonas de mejor orientación solar, (solanas), permitiendo una mayor perdurabilidad de la nieve o en su caso del hielo.

En el hemisferio norte el efecto queda especialmente marcado en las laderas norte de serranías con **orientación este-oeste**. En el hemisferio sur por el contrario ocurriría en las laderas sur para la misma orientación de los complejos serranos.

Son numerosas las carreteras con puntos negros que se asocian a esta característica.

En general se suele establecer una única valoración para las zonas de umbría, salvo que el usuario quiera establecer diferencias entre unas zonas u otras.

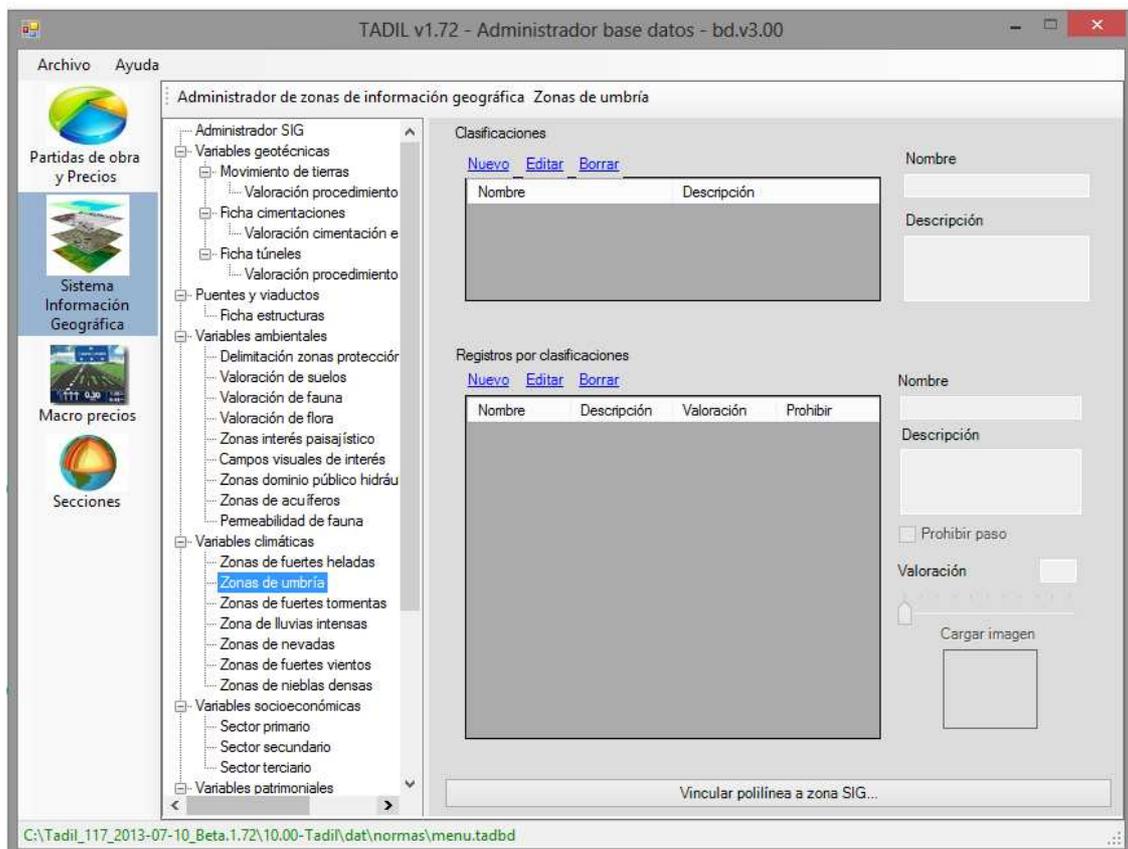


Imagen 2-46. Arquitectura menú zonas de umbrías

1.3. Zonas de fuertes tormentas.

En este caso se considera el efecto de las precipitaciones sobre la orografía del terreno. En esta variable se consideran ámbitos geográficos en los que son frecuentes **lluvias torrenciales** y topografías en las que **las vaguadas y arroyos presentan importantes pendientes longitudinales y estructuras ramificadas de gran concentración.**

Con esta variable se pretende penalizar a aquellas zonas donde la probabilidad de inundación de la explanada es mayor o bien se requieren importantes obras de drenaje longitudinal y transversal con el correspondiente coste.

Considerando un ámbito determinado de estudio y su modelo digital del terreno, se deberán localizar aquellos puntos dónde es probable el desbordamiento de cauces, o bien donde se produzca la concentración de arroyos o regueros.

Cabe notar que estas áreas no tienen porqué coincidir con las zonas de dominio público hidráulico que delimitan la zona de inundación para un período de retorno determinado y para un cauce específico, mientras que en este caso delimitamos zonas en la que es probable la inundación de la infraestructura por fallo de los sistemas de drenaje longitudinal y transversal, motivado por caudales torrenciales en cursos de agua, generalmente de poca entidad, que no suelen tener asignada una zona de dominio público hidráulico.

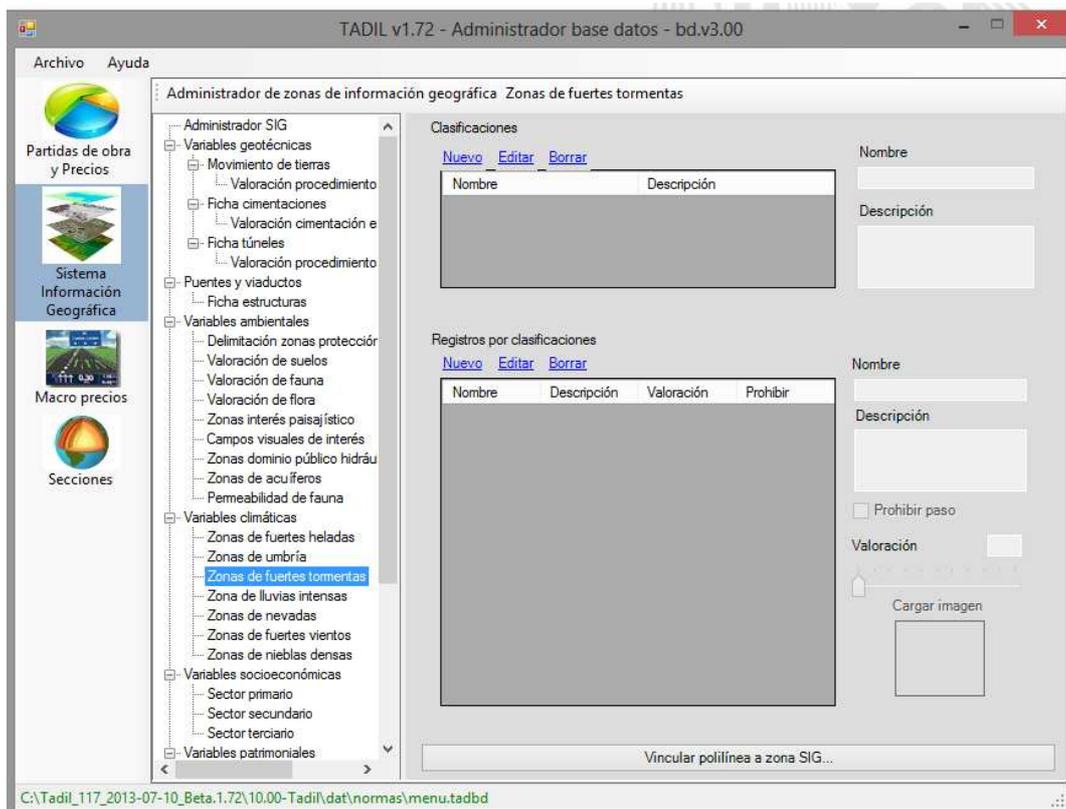


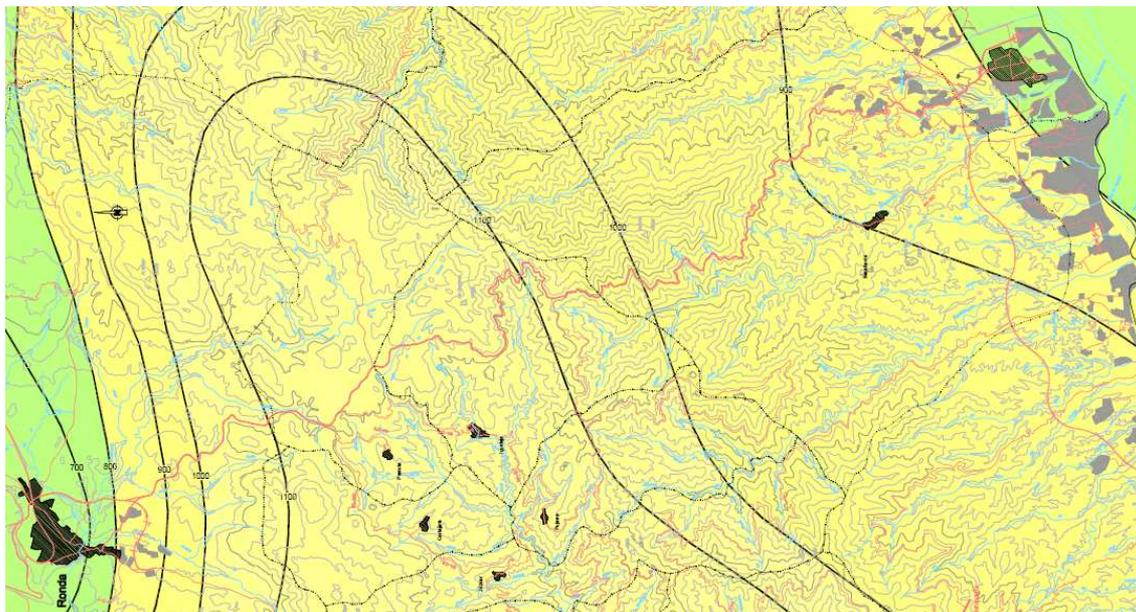
Imagen 2-47. Arquitectura menú zonas de tormentas frecuentes

1.4. Zonas de lluvias intensas.

Con esta variable se penaliza la mayor frecuencia de precipitaciones sobre un área. El efecto de una mayor cuantía anual de precipitaciones sobre una infraestructura se traduce en:

- mayor necesidad de protección de taludes y/o menor verticalidad de los mismos.
- mayor necesidad de conservación.
- mayor necesidad de drenaje bajo la explanada.
- mayor necesidad de saneos.

A nivel local por lo general suelen apreciarse diferencias en la pluviometría entre las zonas de alta montaña y las áreas de menos cota. **La valoración por consiguiente suele hacerse por el valor de la precipitación media anual.** Otra opción es hacerlo por días de lluvia al año.



| <u>Precipitación Media en MM</u> | <u>Clasificación</u> |
|--|----------------------|
|  > 800..... | HUMEDO |
|  600 - 800..... | SUBHUMEDO |

Imagen 2-48. Ejemplo delimitación de áreas según precipitación anual

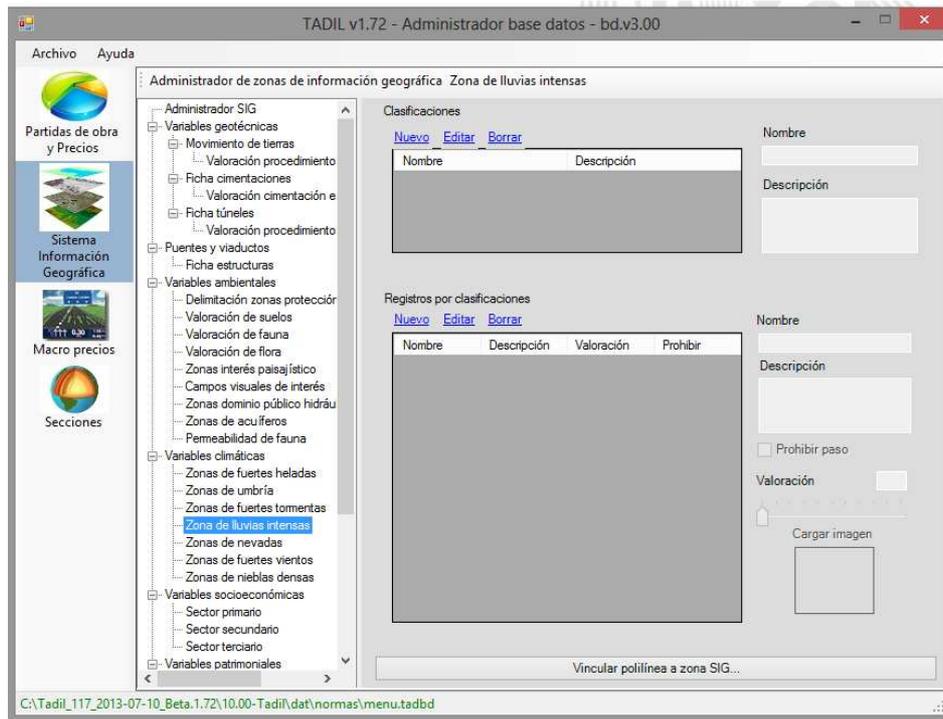


Imagen 2-49. Arquitectura menú zonas de lluvias intensas

1.5. Zonas de nevadas.

Con esta variable se penalizan las áreas donde se producen nevadas con mayor frecuencia, susceptibles de acumularse sobre la explanada y consecuentemente posibilitando la inoperatividad de la infraestructura.

La valoración de la variable se hace por el **número de días anual en el que se registran precipitaciones en forma de nieve.**

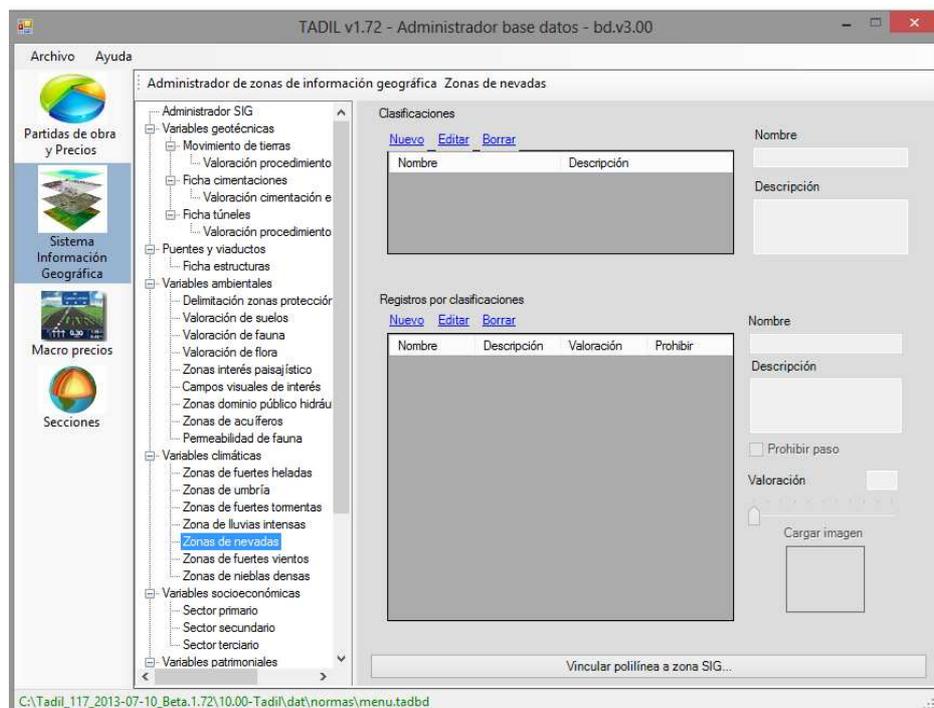


Imagen 2-50. Arquitectura menú zonas de nevadas.

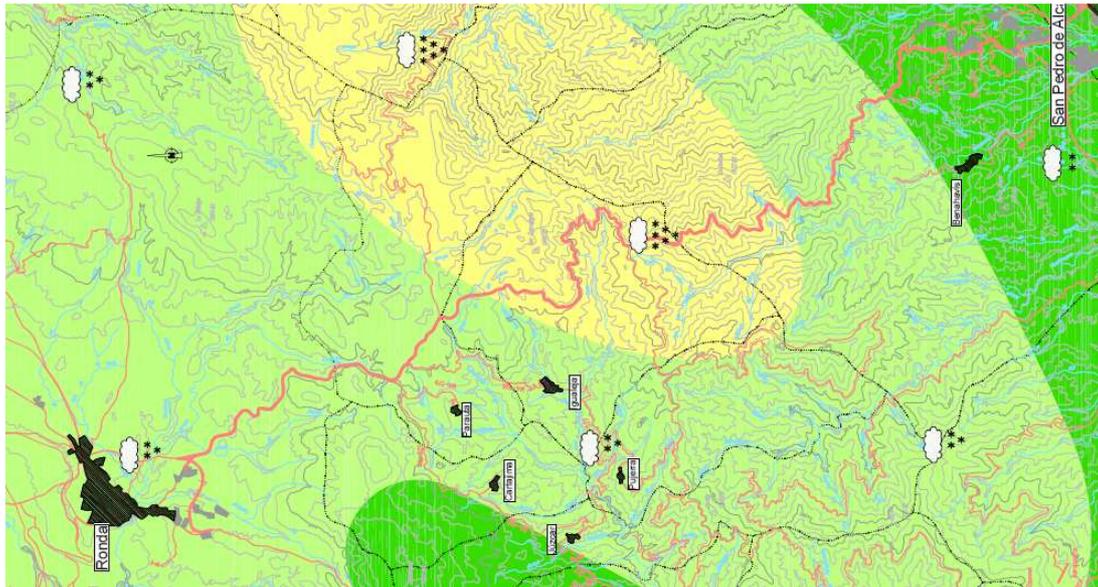


Imagen 2-51. Ejemplo de zonas según días con nevadas

1.6. Zonas de fuertes vientos.

Corresponde a áreas donde la frecuencia de vientos constituye un factor de riesgo en la conducción, por lo que la valoración de esta variable está más orientada a infraestructuras de carreteras. Suele corresponder a las **limatesas de los sistemas serranos con mayor prominencia geográfica** así como a **áreas costeras** determinadas.

Por lo general suele establecerse una única valoración para todas las áreas de fuertes vientos, salvo que el usuario prefiera diferenciar zonas geográficas con diferentes casuísticas climáticas.

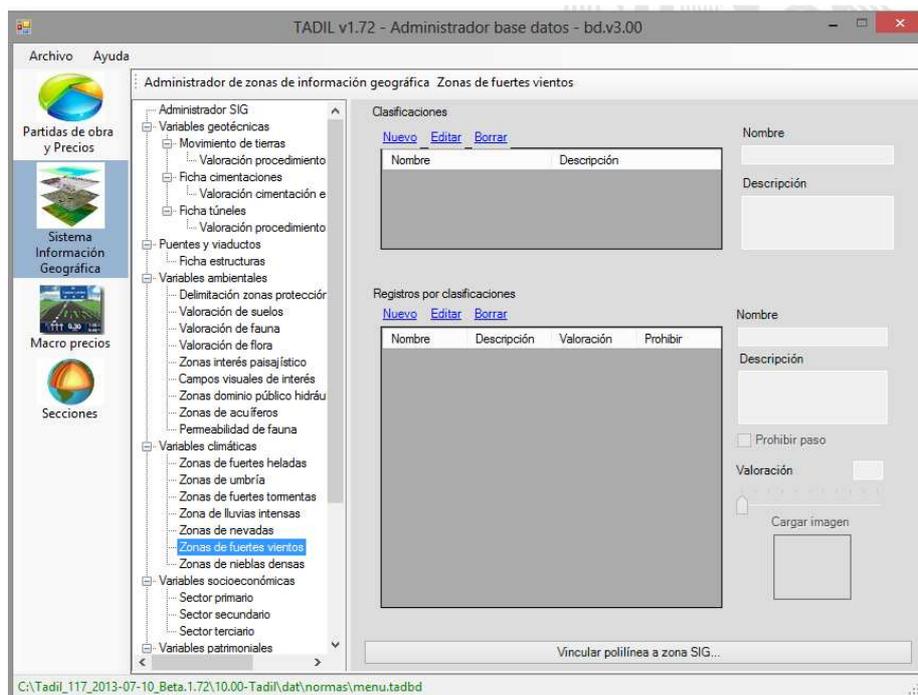


Imagen 2-52. Arquitectura menú zonas de fuertes vientos.

1.7. Zonas de frecuentes nieblas

Corresponde a áreas donde son frecuentes las nieblas; destacan las nieblas de valle o ladera, por concentración del aire frío retenido entre las estribaciones montañosa, y las nieblas de radiación o advección que coinciden con zonas donde el enfriamiento del suelo durante la noche produce la concentración de la humedad en la zona baja de la atmósfera, lo cual suele producirse en vegas y mesetas altas.

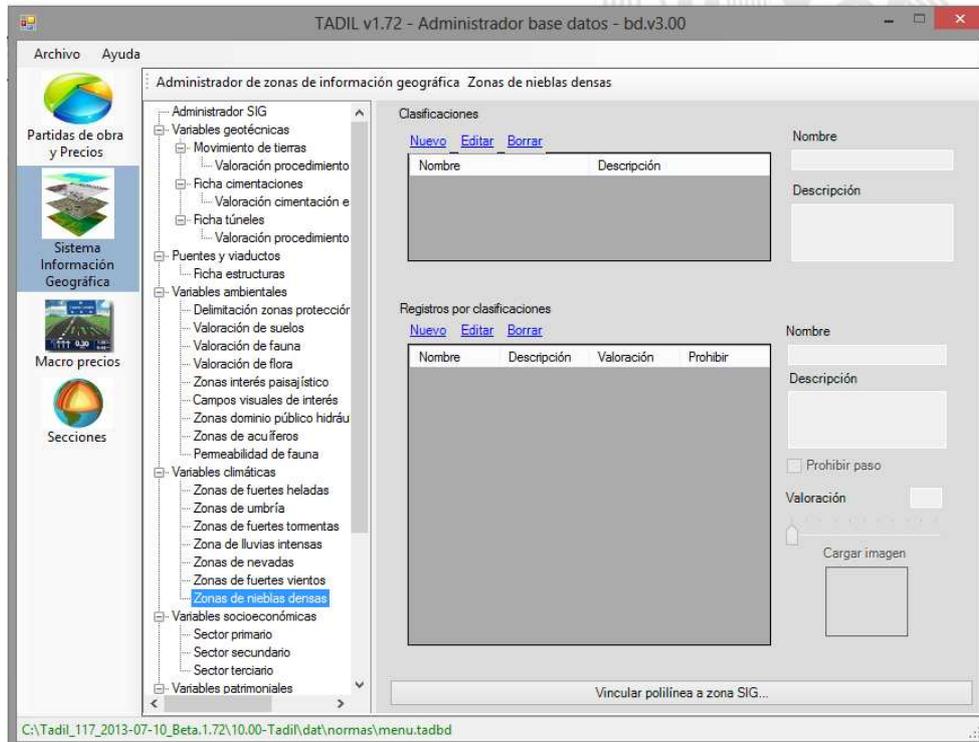


Imagen 2-53. Arquitectura menú zonas de nieblas densas.

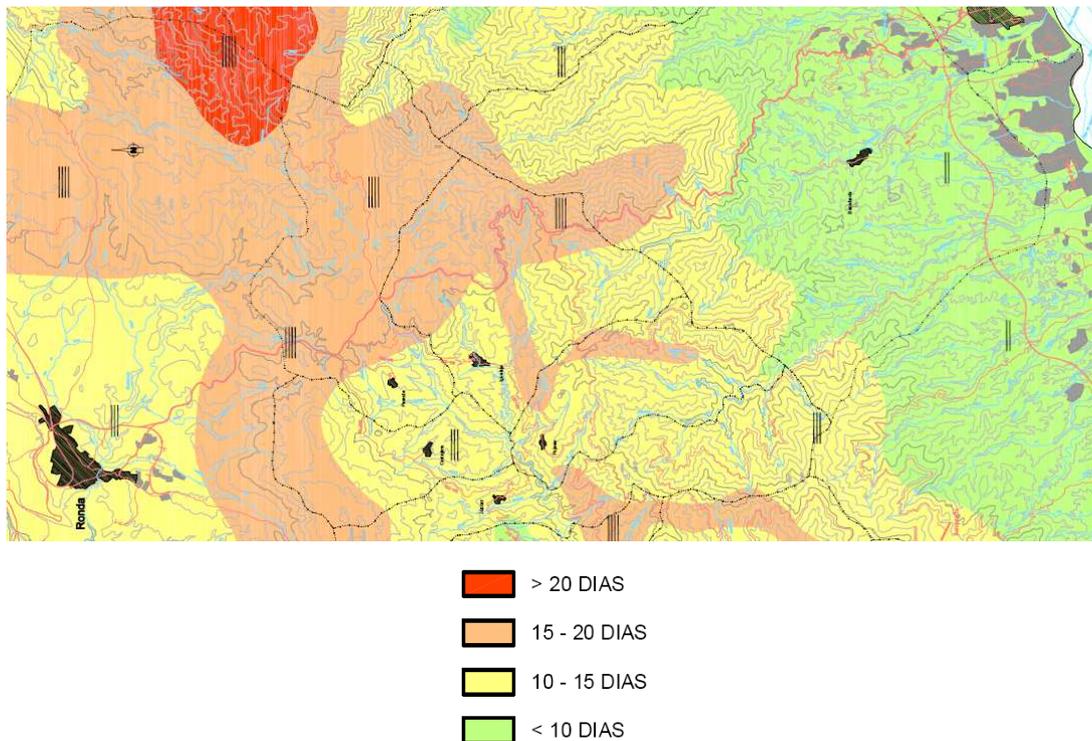


Imagen 2-54. Ejemplo de zonificación según días de niebla.

SOFTWARE TADIL

TÉCNICAS DE AUTOTRAZADO PARA EL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURAS LINEALES

EL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO.

SUB-CAPÍTULO 6. VARIABLES SOCIOECONÓMICAS

0. Introducción.

En el presente capítulo se describen las variables socioeconómicas, su implementación y valoración cualitativa.

1. Variables Socioeconómicas.

Las variables socioeconómicas pretenden analizar el mayor o menor valor del suelo en base a su productividad, primando la no afección por la implantación de infraestructuras en espacios de gran productividad y que tengan asociados parámetros de empleo u otros socioeconómicos relevantes.

El usuario por tanto deberá con sus valoraciones destacar aquellas áreas relevantes por su productividad en los sectores primario, secundario o terciario.

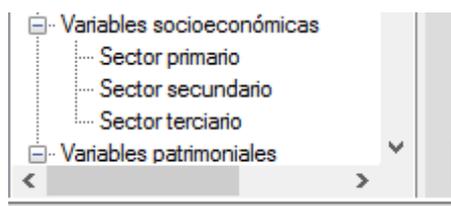


Imagen 2-55. Selección de sector.

Los Sectores económicos permiten la división de la actividad económica de un territorio, atendiendo al tipo de proceso productivo que tenga lugar. Se subdividen en sector primario, secundario, terciario y desde hace poco también en cuaternario, si bien este último no será considerado, ya que alude a servicios altamente intelectuales tales como investigación, desarrollo, innovación e información, muy desligados por tanto de aspectos localizadores, por lo que lo integraremos en el sector terciario.

1.1. Sector primario.

Es el que obtiene productos directamente de la naturaleza, materias primas, creaciones, etc...

- sector agrícola (origen vegetal)
- sector ganadero (origen animal)
- sector pesquero (del río o mar)
- sector minero (de las minas y mas complementos rocosos)
- sector forestal (del bosque)

El usuario podrá crear áreas zonales con diferentes valoraciones; así no será lo mismo una parcela de secano que un regadío o que un cultivo bajo plástico; de la misma forma no será lo mismo una parcela para pastos que una parcela para la plantación de choperas.

El usuario podrá emplear las bases de datos catastrales e implementarlas en el programa.

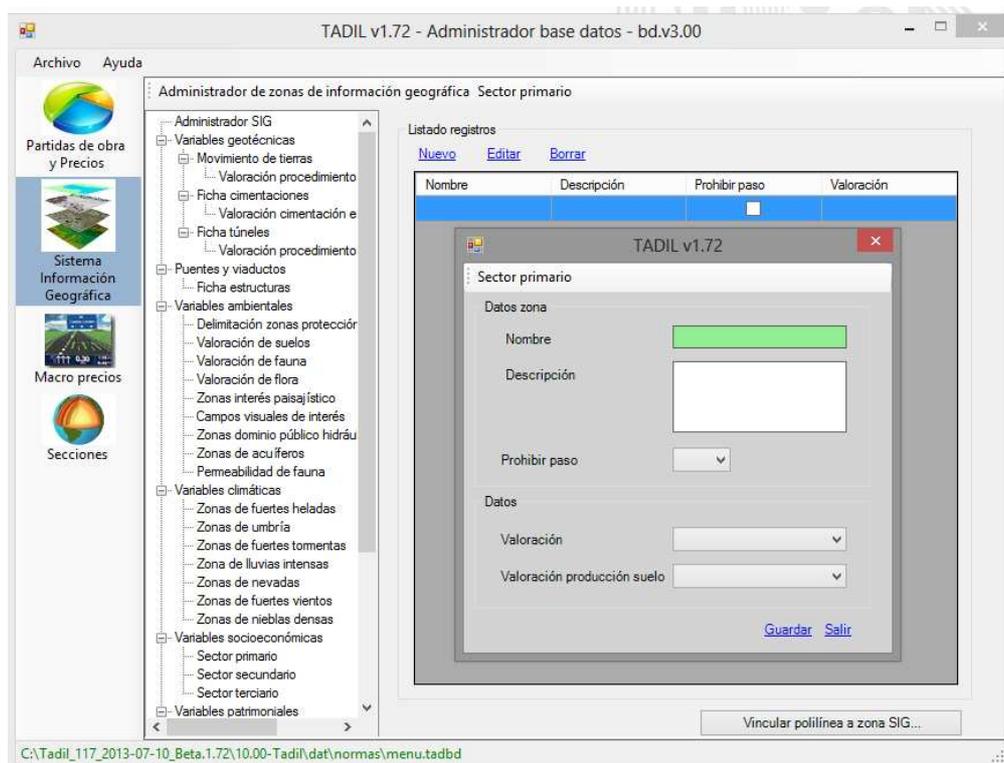


Imagen 2-56. Arquitectura menú de implementación de zonas de sector primario

Cabe indicar que en el menú anterior el código permite asociar precios de la base de datos a considerar en el coste de expropiación exclusivamente por el factor producción. Los costes por expropiación del suelo serán tenidos en cuenta en las variables patrimoniales.

1.2. Sector secundario.

Es el que transforma materias primas en productos terminados o semielaborados:

- sector industrial
- sector energético
- sector minero (se considera también parte del sector secundario porque a partir de la minería se pueden crear distintos productos)
- sector de la construcción

Por lo general los sectores industriales en producción suelen evitarse en el proyecto de infraestructuras lineales, para lo cual el usuario deberá indicar la obligación de "no paso". Sin embargo en algunas situaciones podrá interesar la expropiación total o parcial de algún complejo secundario en pro de optimizar la infraestructura. En este caso el usuario deberá indicar mediante el código el coste por expropiación del valor de producción.

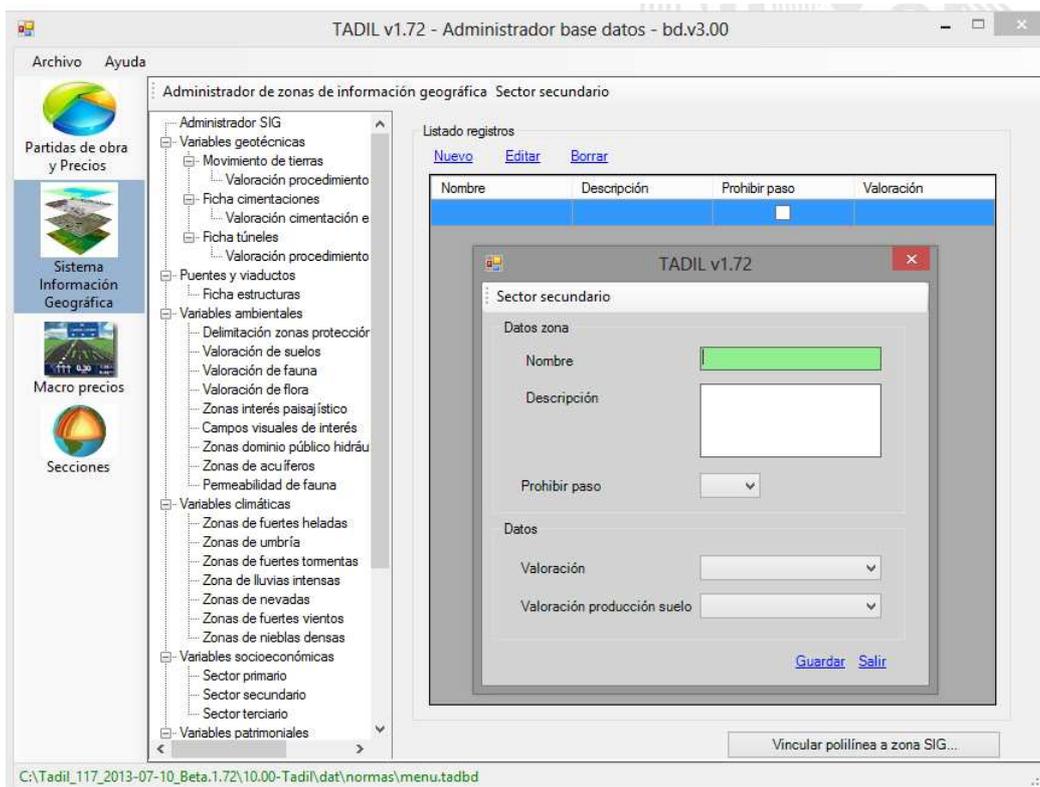


Imagen 2-57. Arquitectura menú de implementación de zonas de sector secundario

1.3. Sector terciario.

Es el que también es considerado como *sector servicios* ya que no produce bienes, sino servicios

- sector transportes
- sector comunicaciones
- sector comercial
- sector turístico
- sector sanitario
- sector educativo
- sector financiero
- sector de la administración.

En este caso el usuario designará espacios tales como parques tecnológicos, complejos educativos o zonas universitarias, grandes complejos hospitalarios, etc...

De la misma forma el usuario podrá marcar la prohibición de paso o indicar un coste de expropiación por producción.

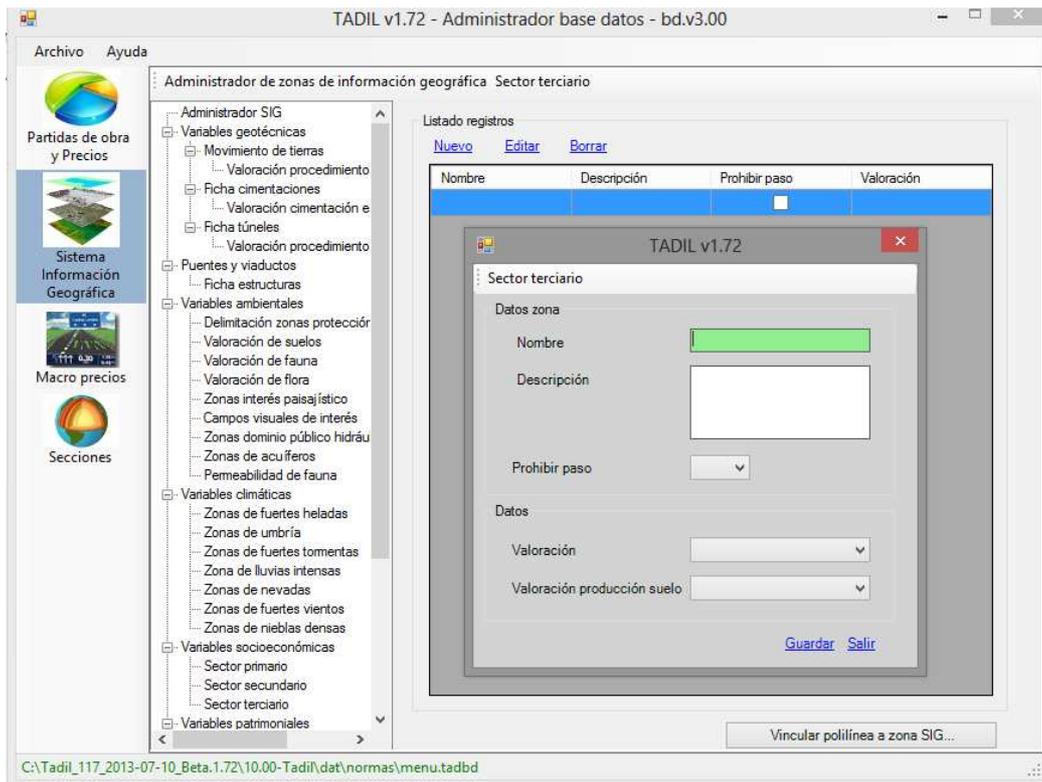


Imagen 2-58. Delimitación de zonas de Sector Terciario.

SOFTWARE TADIL

TÉCNICAS DE AUTOTRAZADO PARA EL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURAS LINEALES

EL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO.

SUB-CAPÍTULO 7. VARIABLES PATRIMONIALES

0. Introducción.

En el presente capítulo se describe el último conjunto de variables patrimoniales. Se integran un total de nueve variables de tipo cualitativo.

1. Variables patrimoniales.

En este grupo se incluyen elementos de patrimonio, ya se trate de bienes cotizables de propiedad pública o privada o de bienes de obligada conservación por su interés estratégico o cultural. Para los primeros será posible asignar un valor económico mientras que para los segundos la valoración dada por el usuario permitirá primar los elementos de mayor valor o bien prever la generación de zonas de no paso.

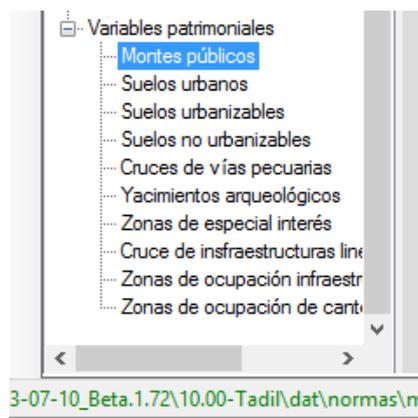


Imagen 2-59. Arquitectura de selección de variables patrimoniales.

1.1. Montes Públicos.

Se incluyen aquí los montes de titularidad municipal o pública. La protección de estos montes responderá a criterios de planeamiento municipal o regional, (ordenanzas o planes específicos). A menor valoración de estas áreas mayor protección. El usuario también podrá marcar la prohibición de paso.

Cabe remarcar que la valoración que se establece en este caso responde a criterios exclusivamente patrimoniales ya que otros criterios como por ejemplo los medioambientales se habrán tenido en cuenta en el apartado de variables medioambientales.

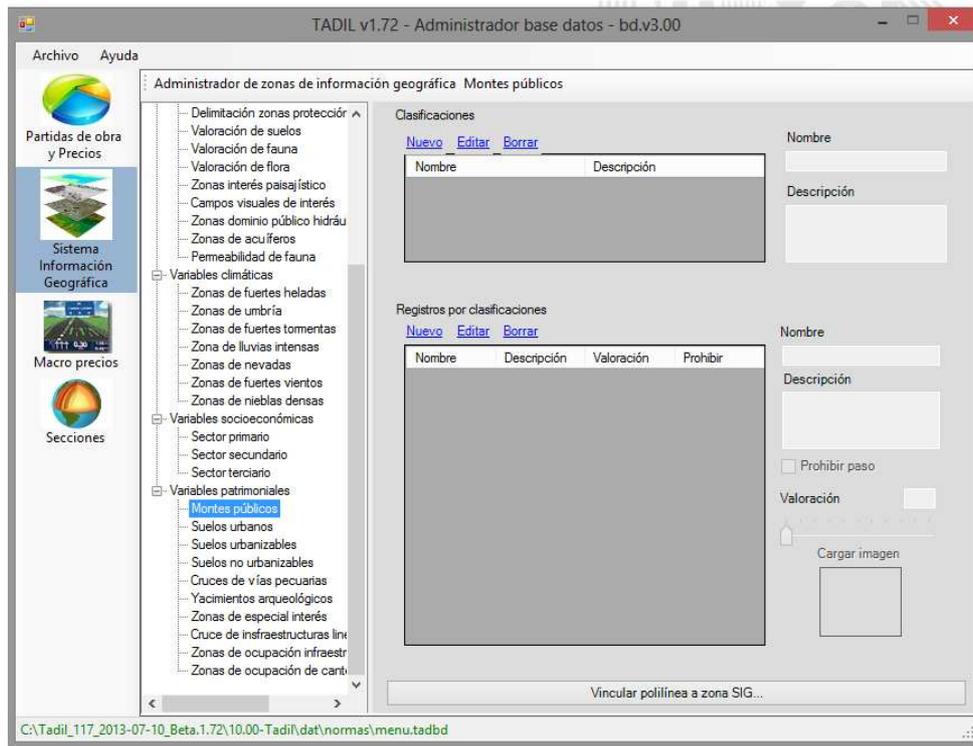


Imagen 2-60. Arquitectura de menú de montes públicos.

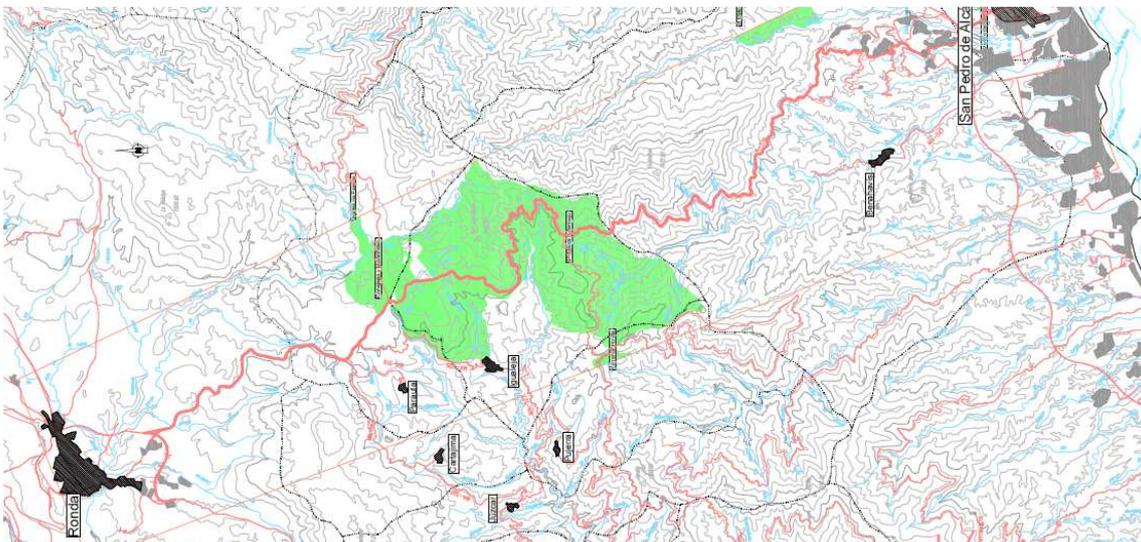


Imagen 2-61. Ejemplo de delimitación de zonas de monte público.

1.2. Suelos urbanos

Se incluyen aquí tanto los suelos urbanos consolidados como los no consolidados. El usuario podrá marcar la prohibición de paso o en el caso de permitir el paso, podrá seleccionar la tipología que permite la aplicación de un precio de expropiación. Dicho precio incluirá el valor inmobiliario del terreno y de las construcciones que se incluyan. También incluirá el coste de las demoliciones y dismantelaciones de servicios o maquinaria que se requieran.

El coste anterior se añadirá en su caso al coste de producción indicado con las variables socioeconómicas.

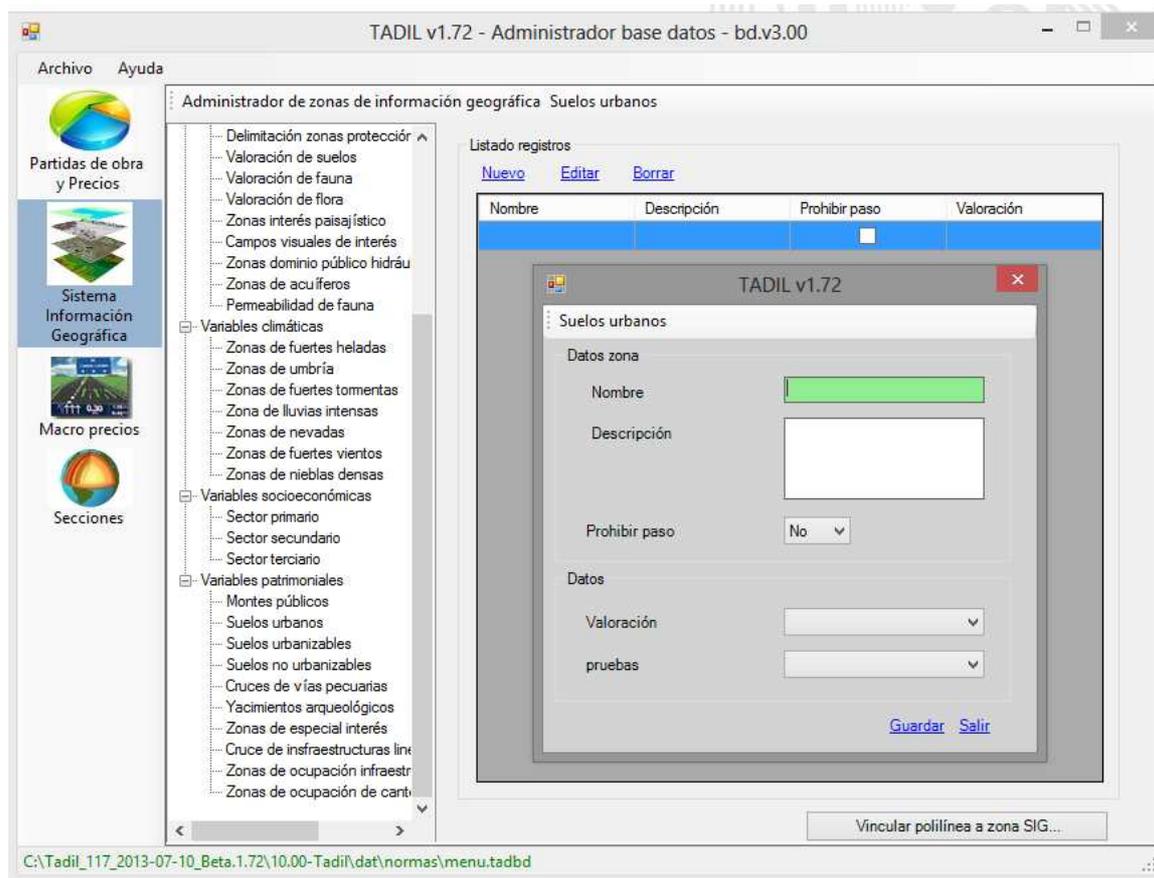


Imagen 2-62. Arquitectura de software de menú de suelo urbano.

Cabe remarcar que las valoraciones subjetivas que se introduzcan deben ser acordes con el valor patrimonial del sector o área que se defina.

1.3. Suelos urbanizables.

De la misma forma se incluyen todas las clasificaciones posibles de suelo urbanizable. También podrá incluirse la valoración económica de los suelos por la introducción de un código o designación recogida en la base de precios del software, de cara a calcular el coste de expropiaciones.

El usuario podrá crear valoraciones acordes a las diferentes clasificaciones de suelos urbanizables, o en su caso establecer zonas de prohibición de paso.

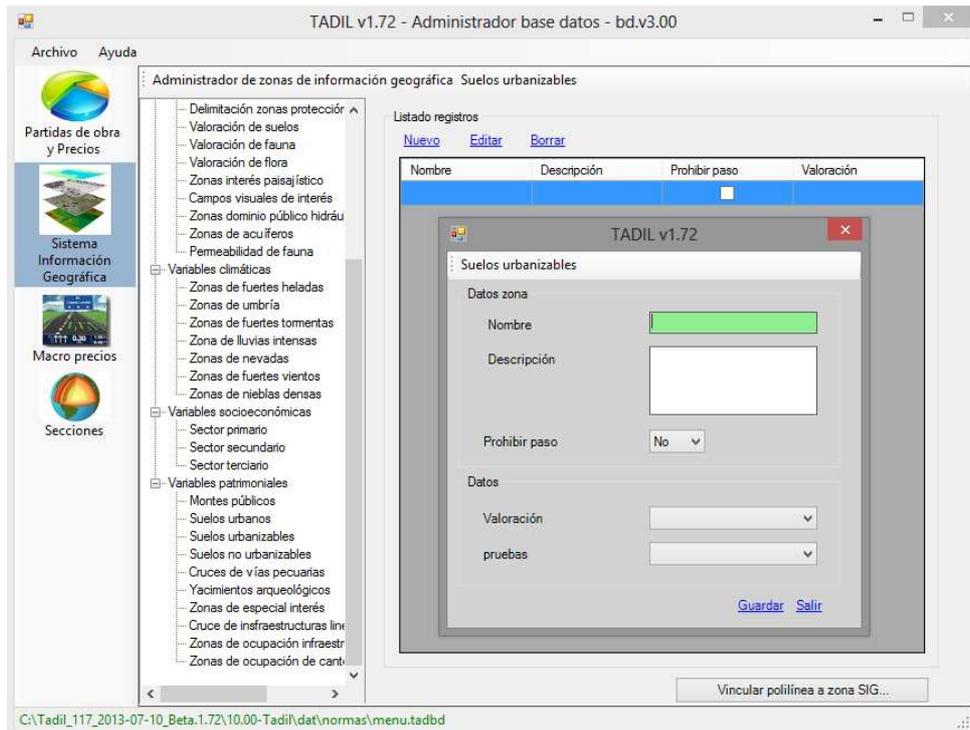


Imagen 2-63. Arquitectura de software de menú de suelo urbanizable.

1.4. Suelos no urbanizables.

De la misma forma el usuario podrá determinar el coste de expropiación de las parcelas que se sumará al coste de expropiación por productividad. La valoración subjetiva será acorde al valor patrimonial que se considere.

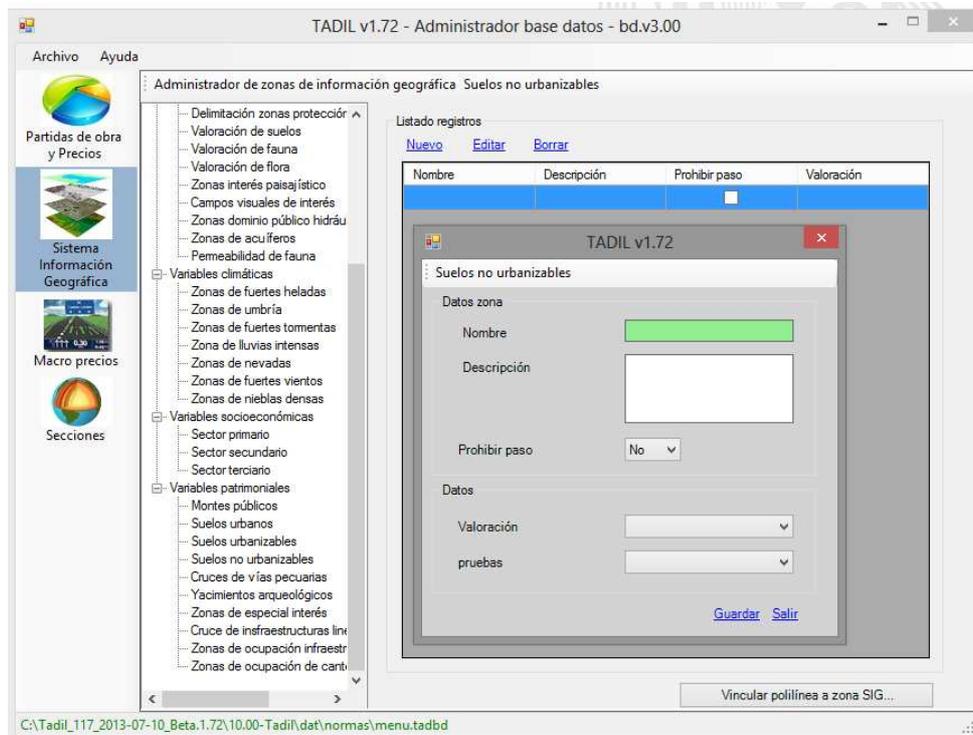


Imagen 2-64. Arquitectura de software de menú de suelo no urbanizable.

1.5. Delimitación de yacimientos arqueológicos.

Para esta variable el software también permite la generación de sub-clasificaciones, en tanto que son posibles muy diversas agrupaciones de yacimientos arqueológicos, como por ejemplo en función del grado de protección, (Bienes de Interés Cultural, Zonas de protección, zonas de cautela, etc...), en función del tipo, (prehistóricos, época romana, etc...).

El usuario puede marcar la prohibición de paso.

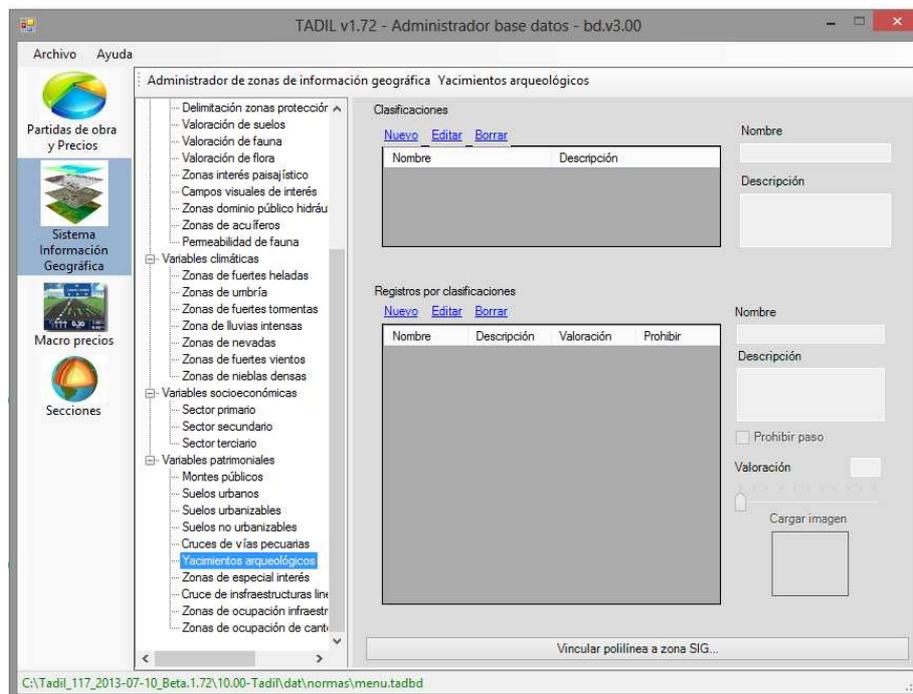


Imagen 2-65. Arquitectura de software de menú de yacimientos arqueológicos

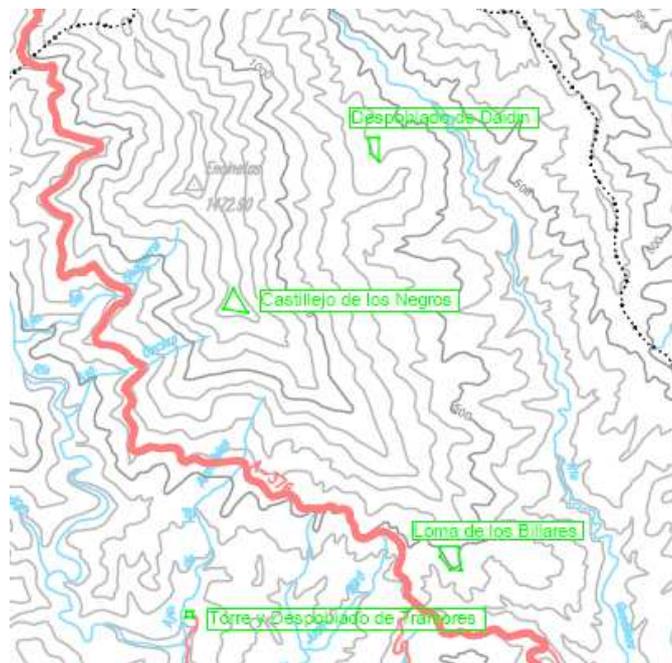


Imagen 2-66. Ejemplo de localización de yacimientos arqueológicos.

1.6. Delimitación de zonas de especial interés.

En este caso se consideran áreas de especial interés estratégico recogidas en planes territoriales o planes de infraestructuras, pero que aún no se han materializado, como por ejemplo zonas logísticas, reservas de espacio para infraestructuras, zonas de implantación de huertas solares, etc...

En este caso no se incluye valoración económica del suelo por la introducción de códigos, siendo la valoración exclusivamente subjetiva.

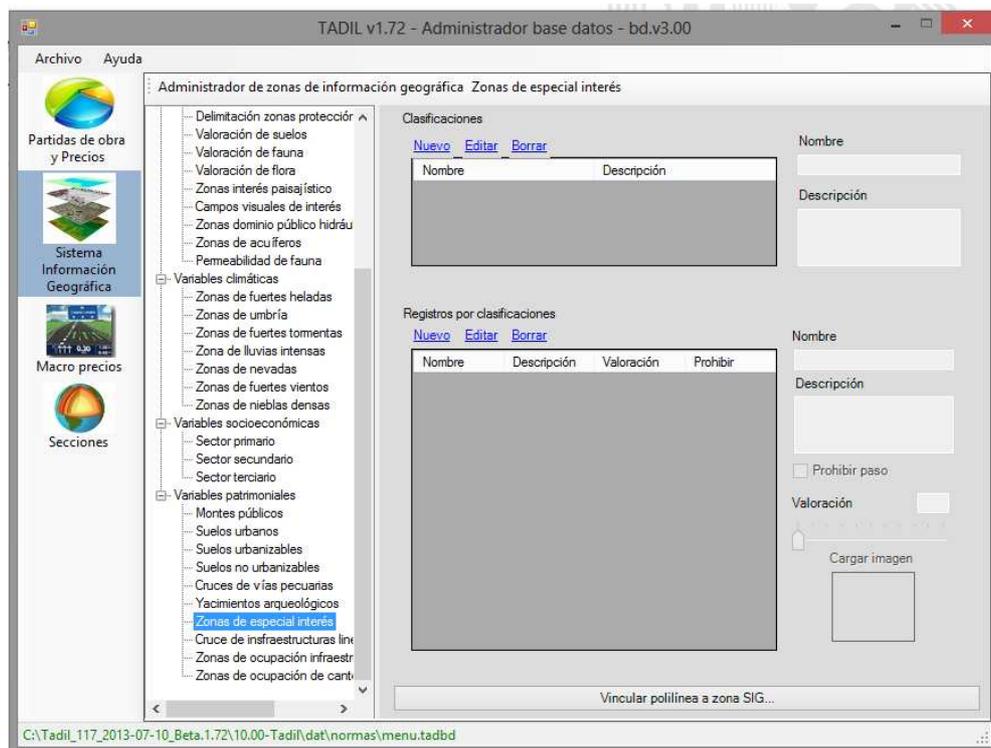


Imagen 2-67. Arquitectura de menú de definición de zonas de especial interés.

1.7. Cruce de Vías Pecuarías.

Al igual que en el caso de los yacimientos arqueológicos en este caso se permite que el usuario cree subclasificaciones, (coladas, veredas, caminos, cañadas, etc...).

El cruce a nivel de las vías pecuarias por las infraestructuras siempre quedará permitido.

Por su parte la valoración subjetiva considerará la tipología de vías pecuarias y se tendrá en cuenta conjuntamente con el número de vías pecuarias atravesadas.

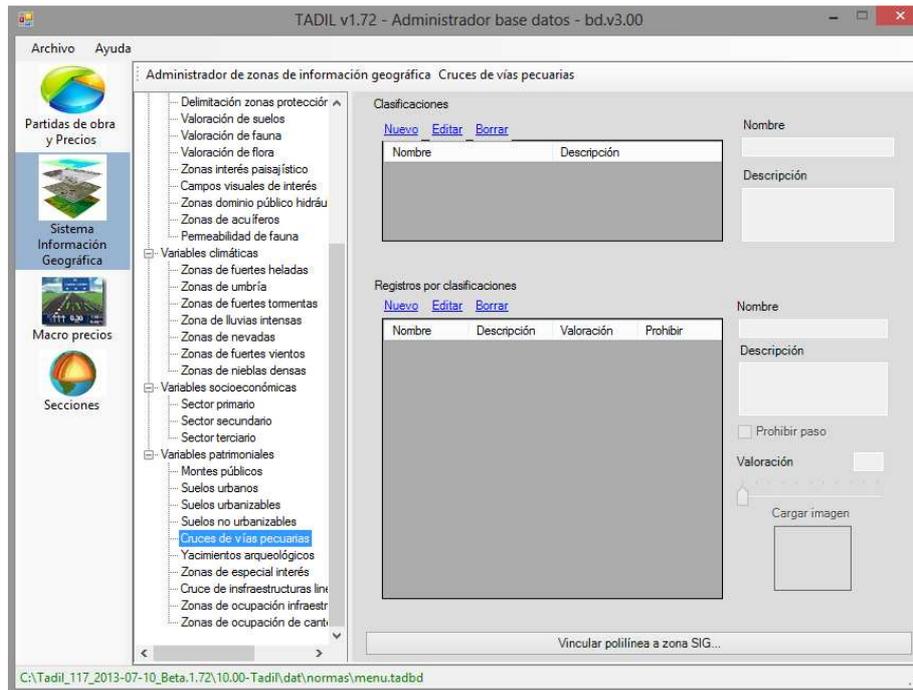


Imagen 2-68. Arquitectura de menú de definición de vías pecuarias.

1.8. Cruce de Infraestructuras lineales.

Como en el caso de las vías pecuarias las infraestructuras lineales puede agruparse según diferentes clasificaciones, (carreteras, canales, ferrocarriles, etc...); por este motivo en el menú se permiten diferentes clasificaciones.

Por su parte la valoración subjetiva considerará la tipología de infraestructuras y se tendrá en cuenta conjuntamente con el número de cruces.

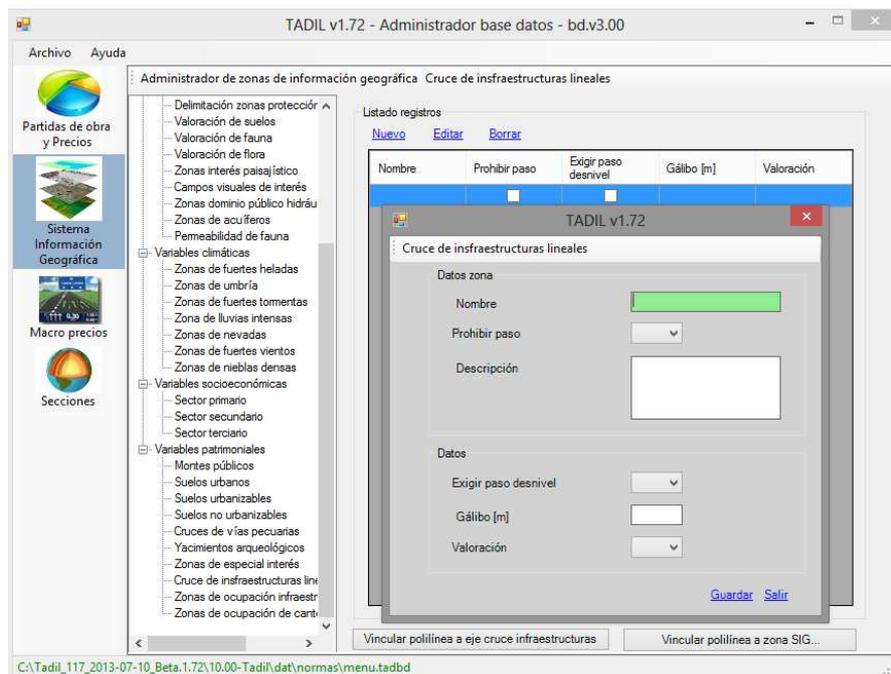


Imagen 2-69. Arquitectura de menú de infraestructuras lineales.

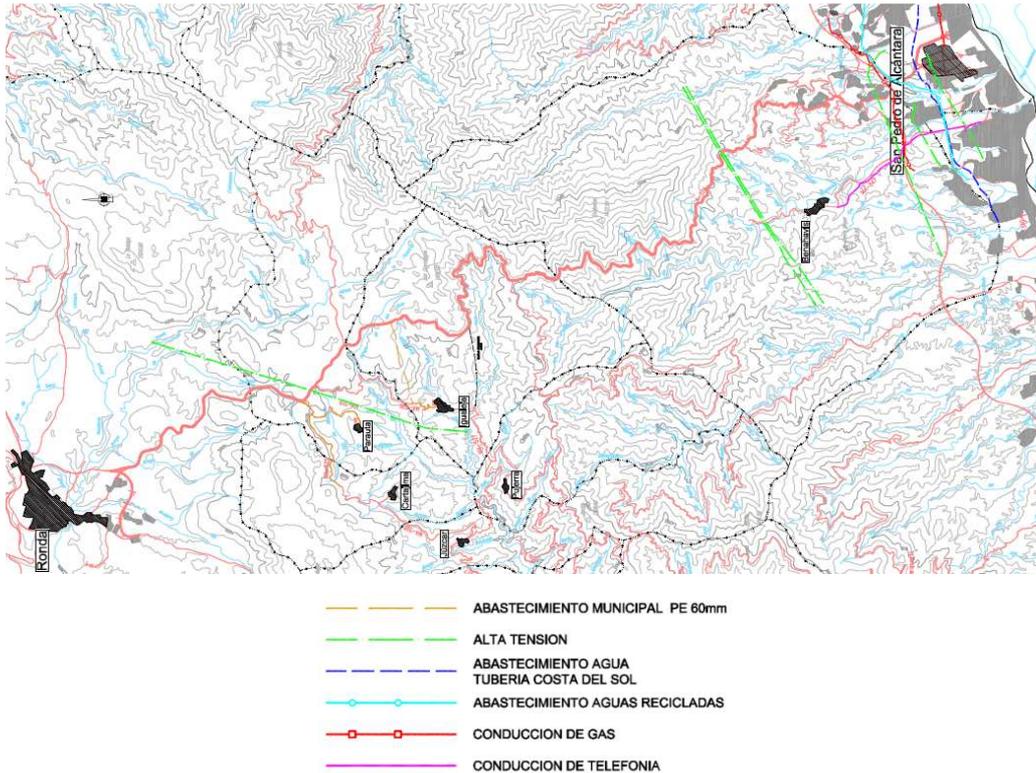


Imagen 2-70. Ejemplo de definición de infraestructuras lineales.

1.9. Zonas de ocupación de infraestructuras públicas.

Esta variable del SIG hace referencia a infraestructuras públicas que no pueden designarse como lineales, tales como aeropuertos, embalses, estaciones depuradoras de aguas residuales, estaciones de tratamiento de agua potable, etc...

El usuario podrá marcar la prohibición de paso o en su caso asignar una valoración.

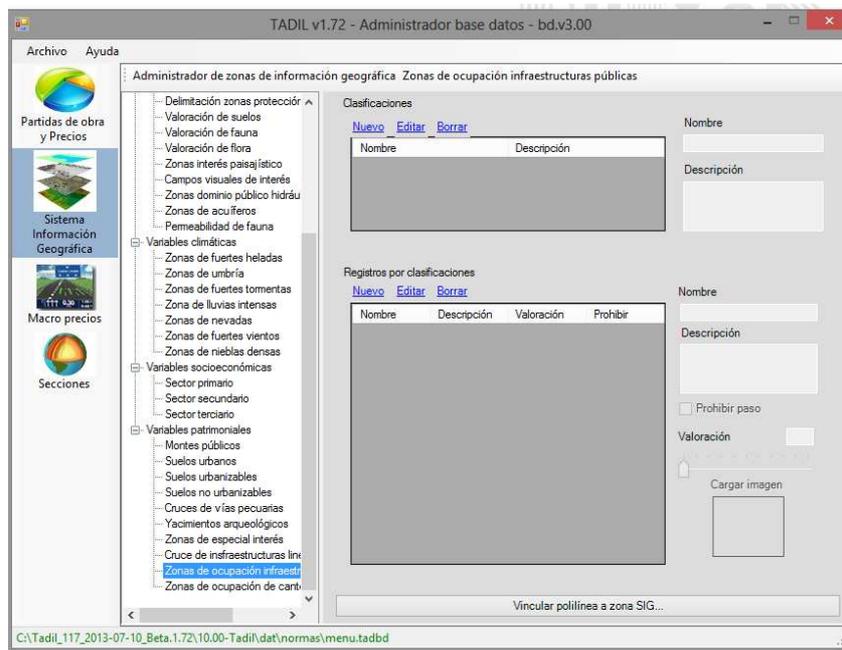


Imagen 2-71. Arquitectura menú infraestructuras públicas no lineales.

1.10. Explotaciones mineras.

Se establecen las explotaciones mineras como variable independiente dada la peculiaridad de la legislación vigente en numerosos países donde pueden establecerse derechos de explotación minera sobre determinadas zonas sin poseer la propiedad de los terrenos. Por consiguiente distinguiremos dos áreas identificables netamente diferenciadas:

- áreas en explotación: minas o canteras.
- áreas sin explotación pero con derechos de explotación reconocidos.

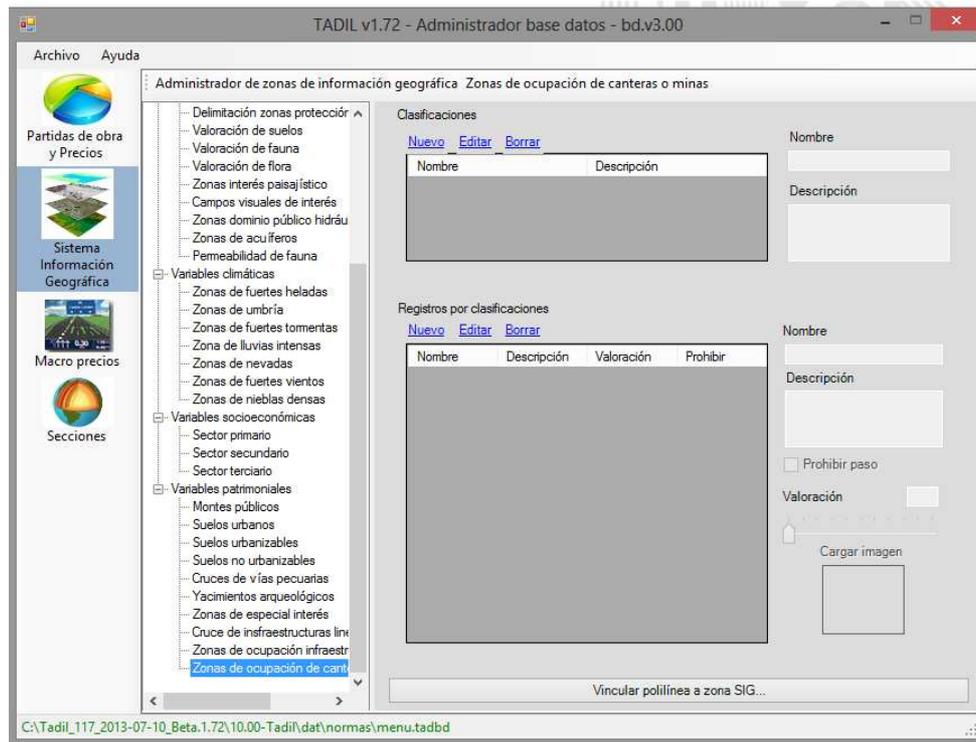


Imagen 2-72. Arquitectura menú zonas de ocupación por explotaciones mineras.

SOFTWARE TADIL

TÉCNICAS DE AUTOTRAZADO PARA EL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURAS LINEALES

EL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO.

SUB-CAPÍTULO 8. ESTRUCTURAS

0. Introducción.

En el presente capítulo se describe el último conjunto de variables que se consideran: las estructuras. Su definición tiene incidencia sobre la valoración cualitativa de las soluciones y sobre el presupuesto de las alternativas.

1. Estructuras.

Para la definición de las fichas de estructuras se procede de forma similar a las fichas geotécnicas permitiendo la definición de una ficha general para todo el territorio y fichas específicas para zonas más reducidas.

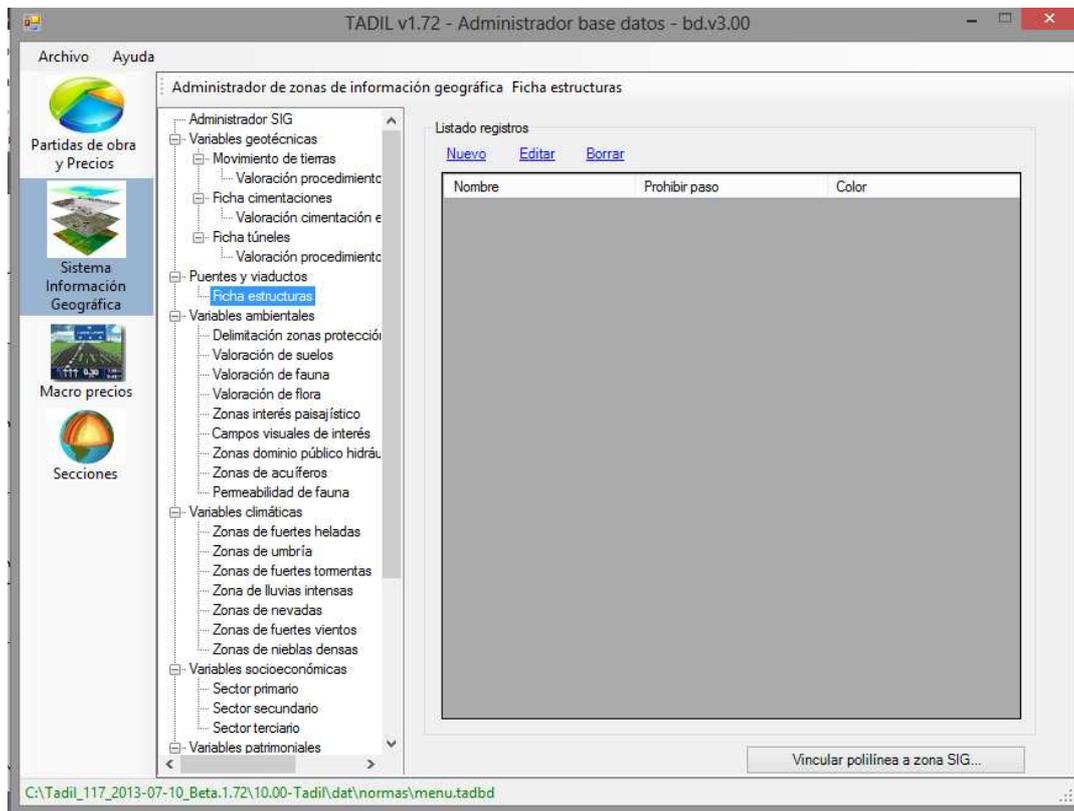


Imagen 2-73. Selección de ficha de estructuras.

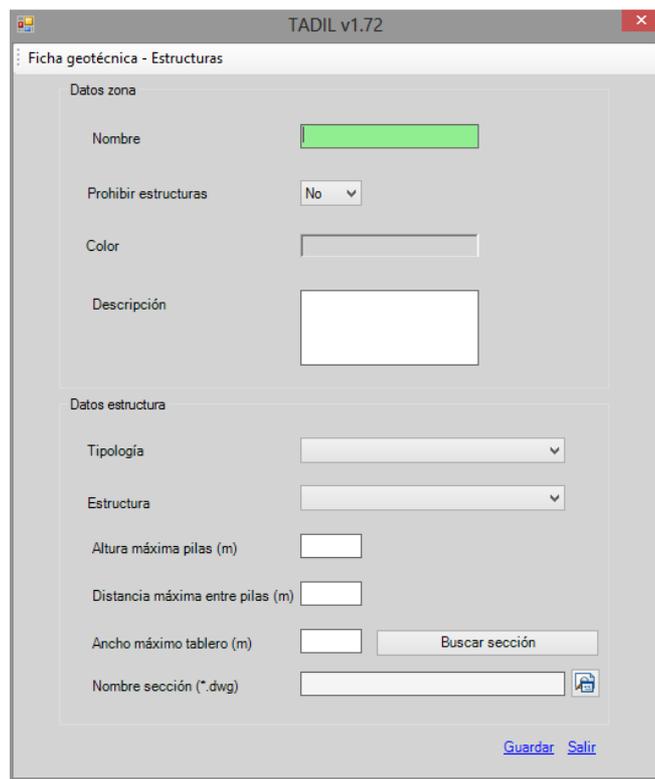


Imagen 2-74. Arquitectura de menú de estructuras.

En la ficha de estructuras el usuario podrá controlar la altura máxima de pila admisible o directamente impedir la creación de estructuras.

Con la asignación de un código ó nombre de la base de partidas de obra permitirá asignar un precio a la tipología de estructura seleccionada.

Entre las tipologías seleccionables el software ofrece las siguientes:

- prefabricado de vigas pretesas.
- losa aligerada de hormigón armado in situ.
- dovelas.
- estructura mixta ó mixta con arco.
- postensado in situ con canto variable.
- postensado in situ con canto constante.
- atirantado con pizona.
- atirantado con arco.
- arco inferior a tablero con cuchillos verticales.

El usuario a efectos de representación en el longitudinal debe indicar la distancia entre pilas, y de la misma forma el ancho del tablero de cara a representar las correspondientes secciones transversales.

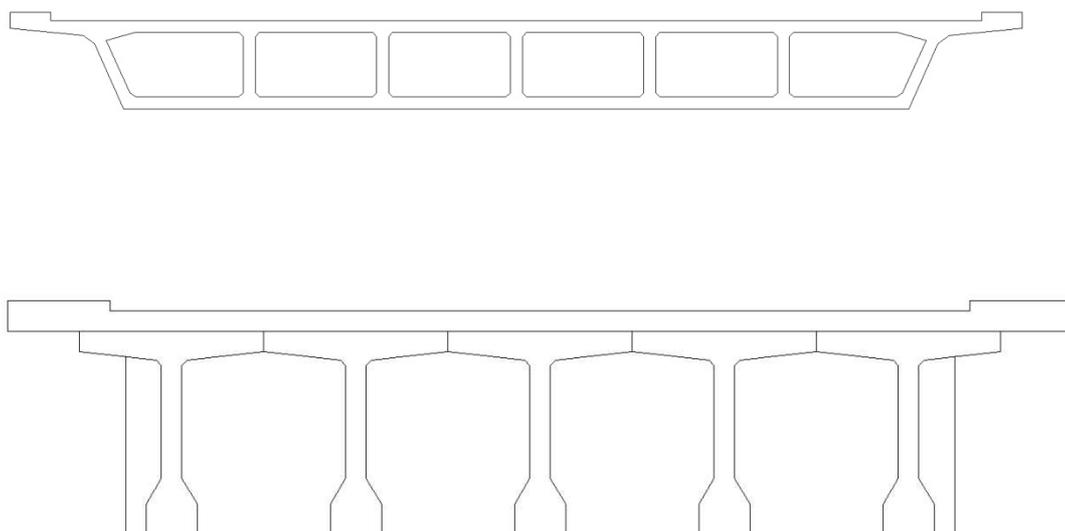


Gráfico 2-3. Ejemplo de secciones tipo implementadas en el software.

SOFTWARE TADIL

TÉCNICAS DE AUTOTRAZADO PARA EL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURAS LINEALES

EL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO.

SUB-CAPÍTULO 9. PLANOS TEMÁTICOS.

0. Introducción.

En el presente sub-capítulo se comentan algunos aspectos relativos a la generación de planos temáticos y a la introducción de áreas zonales.

1. Implementación de áreas.

Una buena definición del SIG del territorio requiere una buena delimitación previa de todas las áreas. Por lo general lo ideal será disponer por adelantado de capas temáticas en formato CAD, con las diferentes áreas que se van a implementar ya dibujadas. Con este trabajo previo bastará la selección de las correspondientes polilíneas para que se integren en SIG del software TADIL.

2. Generación de planos temáticos.

Los planos se editarán por las clasificaciones definidas dentro de cada variable, (por ejemplo, mamíferos protegidos, invertebrados protegidos, aves protegidas, etc... dentro de la variable fauna). Cada clasificación genera una capa en cad que podrá editarse para hacer planos temáticos.

La introducción de imágenes en algunas variables permite su representación en el plano temático; esta imagen se representará centrada en el área de asignación.

Seguidamente aportamos imágenes de los menús generados en el software TADIL para la introducción de variables GIS.

Es muy importante considerar lo siguiente:

- Si por error el usuario dibuja la superposición de dos zonas dentro de una variable, (p.ejemplo zonas geotécnicas, zona 1 y zona 2), TADIL asignará al punto dentro de la intersección la pertenencia al área de menor superficie.

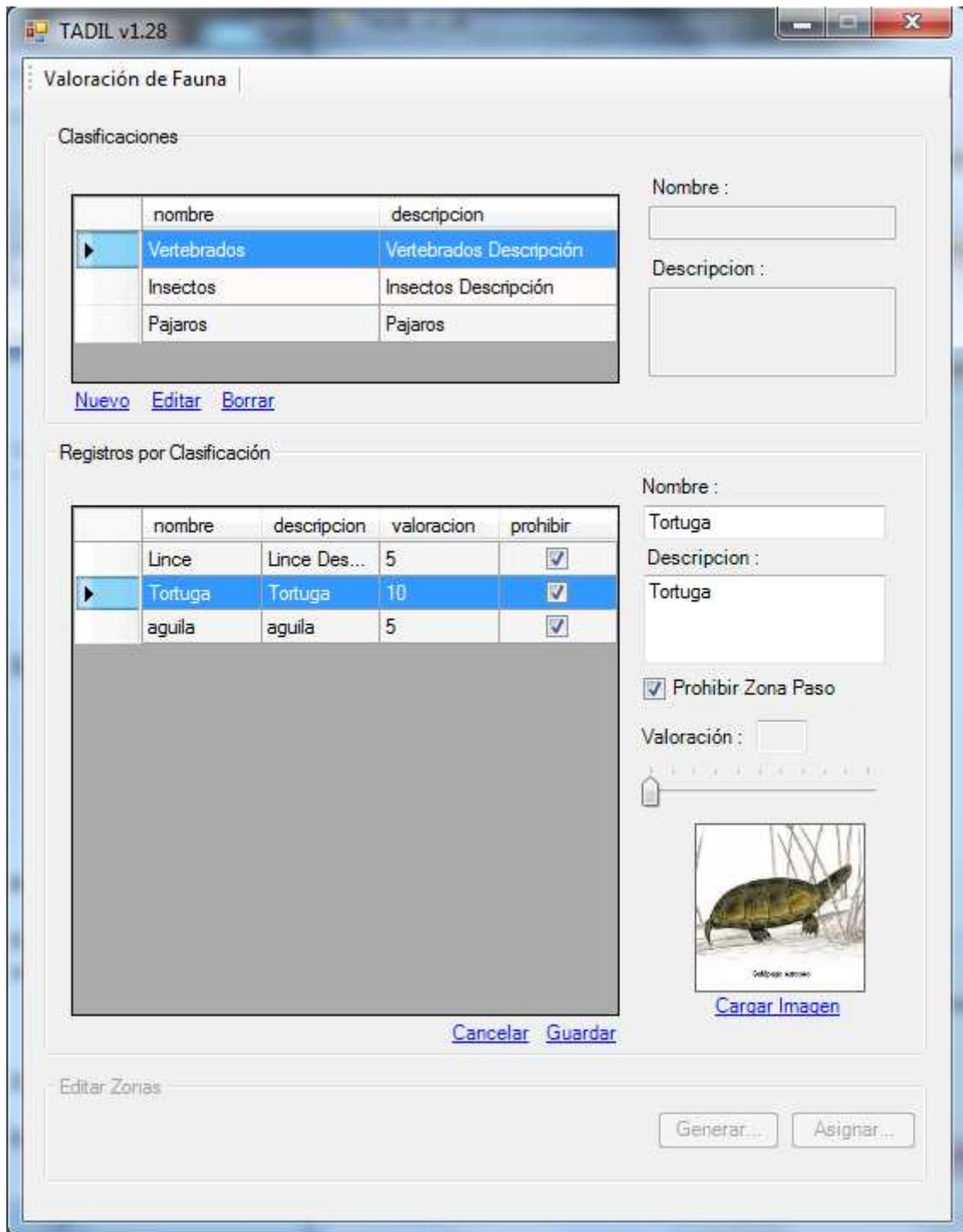


Imagen 2-75. Se genera un menú para la incorporación de gráficos a asignar a las variables.

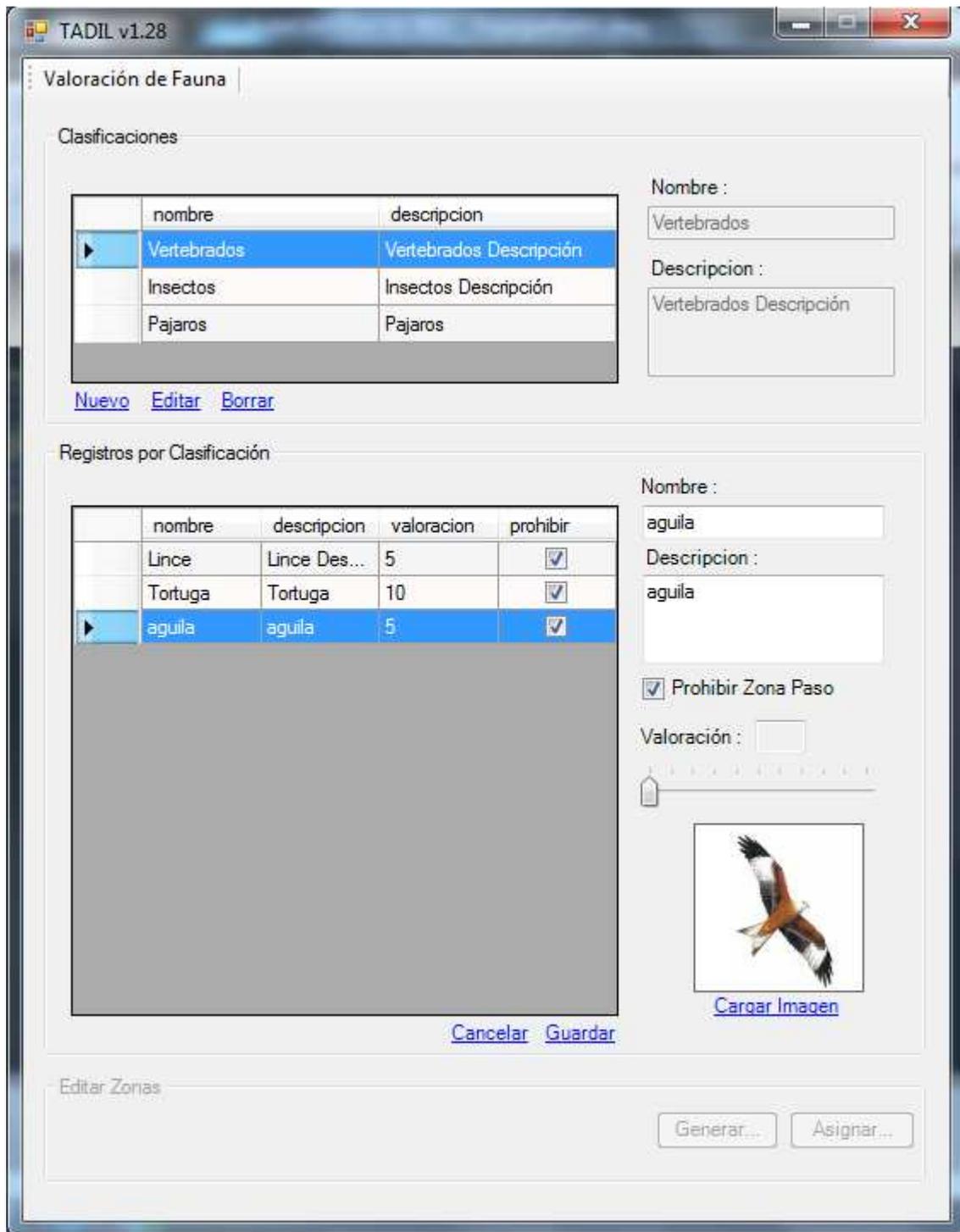


Imagen 2-76. La generación de zonas se incluye en un submenú para cada variable.



Imagen 2-77. Como puede verse la iconografía aparece representada en el polígono o área de aplicación de la variable.

SOFTWARE T.A.D.I.L.

TÉCNICAS DE AUTOTRAZADO PARA EL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURAS LINEALES. "TADIL."

CAPÍTULO 3. PARTIDAS DE OBRA Y PRECIOS

GUÍA METODOLÓGICA DE APLICACIÓN.

SOFTWARE TADIL. TÉCNICAS DE AUTOTRAZADO PARA EL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURAS LINEALES

Guía Metodológica de Aplicación

CAPÍTULO 3. PARTIDAS DE OBRA Y PRECIOS. EDICIÓN 1.

En el presente capítulo se describen las partidas de obra que se emplean para la configuración del presupuesto de cada una de las alternativas consideradas de la obra lineal en estudio, así como de la solución seleccionada.

Debe considerarse que el programa permite la obtención de un presupuesto a nivel de estudio informativo, no a nivel de proyecto, y por ello existirán partidas que se definirán a nivel de macro-precio. En cualquier caso el programa permite obtener de forma exhaustiva el movimiento de tierras, (desbroce, excavaciones, terraplenes y saneamientos), la medición de muros, cunetas y paquetes de firme; estas mediciones permiten abordar como se describe en capítulos sucesivos el balance de tierras, es decir, la diferencia de volúmenes entre lo que se excava y lo que se aprovecha de dichas excavaciones para rellenos y terraplenes, y por consiguiente la necesidad de emplear préstamos externos, (canteras, explotaciones de tierras, etc...), y vertederos. Estos datos se consideran fundamentales para elaborar el presupuesto y para determinar la viabilidad de la obra.

SOFTWARE TADIL

TÉCNICAS DE AUTOTRAZADO PARA EL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURAS LINEALES

PARTIDAS DE OBRA Y PRECIOS

SUB-CAPÍTULO 0. PROCEDIMIENTO.

0. Introducción.

En el presente capítulo se describen las partidas de obra que intervienen en la configuración del presupuesto así como la asignación de precios a cada una de ellas.

1. Metodología.

Cabe indicar que la introducción de partidas de obra y sus correspondientes precios sólo tiene sentido cuando el usuario pretenda elaborar un completo **estudio informativo**.

Si no es así, y por el contrario, el usuario sólo pretende elaborar un estudio previo bastará con introducir los macro-precios considerados en el menú de generación de trazados, si bien en este caso no podrá obtener un presupuesto por alternativa ni una valoración comparativa entre alternativas.

En el menú de partidas de obra y precios distinguimos dos grupos:

- en un primer grupo tenemos partidas que permiten una medición exhaustiva de la sección transversal; estas partidas son:
 - desbroces.
 - excavaciones.
 - rellenos.
 - materiales de firme procedentes de planta.
 - cunetas.
 - muros.
- en un segundo grupo tenemos partidas que se valoran con macro-precios; estas partidas suelen desglosarse a nivel de proyecto, si bien a nivel de estudio informativo es suficiente una valoración global de las mismas:
 - estructuras, (puentes y viaductos).
 - túneles.
 - drenaje.
 - señalización.
 - reposición de servicios.
 - correcciones geotécnicas.
 - desvíos provisionales.
 - actuaciones complementarias.
 - medidas correctoras.
 - seguridad y salud.

Todas las partidas con precios o macro-precios incluyen los recursos necesarios de mano de obra, maquinaria, materiales, cánones, gastos varios y gastos indirectos necesarios para la completa ejecución de dicha partida.

Finalmente comentar que en el menú de partidas y obras también se introducen las valoraciones del suelo por su capacidad de producción y por su valor patrimonial; ambas variables permitirán estimar el coste de expropiaciones de una obra lineal.

2. Incidencia en la definición de trazados.

Como se indica en el apartado anterior las partidas y sus correspondiente precios sólo incidirán en la generación automática de alternativas cuando el usuario active la opción "estudio informativo"; en la opción de estudio previo el usuario no podrá obtener el presupuesto de las soluciones de trazado que obtenga.

Los algoritmos tanto locales como generales de generación de trazado evaluarán los costes en cada punto y en base a los mismos seleccionarán los itinerarios más óptimos.

3. Evaluación de alternativas.

Cuando el usuario desee elaborar un completo estudio informativo, deberá completar las partidas necesarias que vaya a emplear en su proyecto con sus correspondientes precios. Esto permitirá al software las siguientes acciones:

- a. obtener el presupuesto de cada alternativa.*
- b. obtener el balance de tierras.*
- c. elaborar el correspondiente estudio de viabilidad.*
- d. evaluar las alternativas por inversión, compensación de tierras y viabilidad.*

SOFTWARE TADIL

TÉCNICAS DE AUTOTRAZADO PARA EL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURAS LINEALES

PARTIDAS DE OBRAS Y PRECIOS.

SUB-CAPÍTULO 1. GRUPO 1 DE PARTIDAS. MEDICIÓN DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL.

0. Introducción.

En el presente capítulo se describen las partidas que permiten la valoración de las unidades que configuran la sección tipo de la obra lineal.

1. Partidas.

Las partidas que se introducen son:

- desbroces.
- excavaciones.
- rellenos.
- materiales de firme procedentes de planta.
- cunetas.
- muros.

Seguidamente pasamos a comentar cada una de las partidas.

2. Desbroce.

Corresponde al espesor superficial de tierra vegetal que se retira a vertedero antes de proceder a realizar las excavaciones o los terraplenes. El desbroce genera una línea paralela a la del perfil del terreno natural en la que contactan las líneas definitorias de los perfiles de excavación, terraplén, excavación de saneamiento o relleno de saneamiento.

El usuario debe tener en cuenta los grupos geotécnicos que va a introducir en el SIG, para definir cuanto tipos de saneamiento sean necesarios. No será, por ejemplo, lo mismo un saneamiento en roca que en tierras.

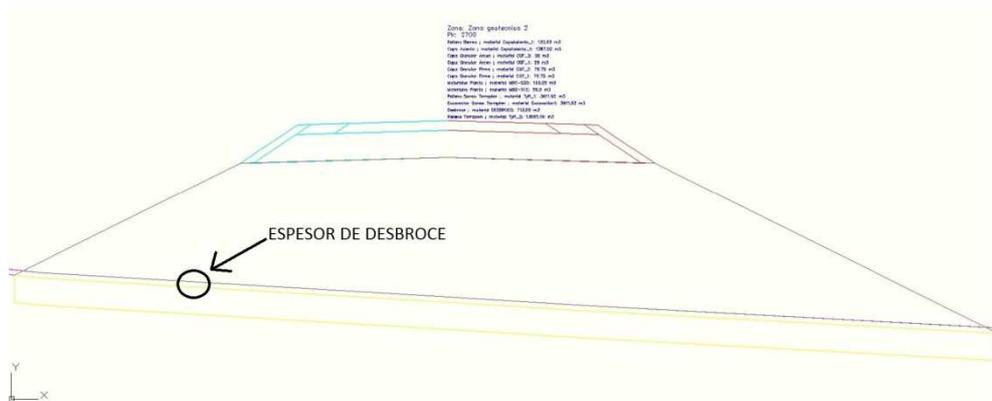


Imagen 3-1. Esquema de desbroce.

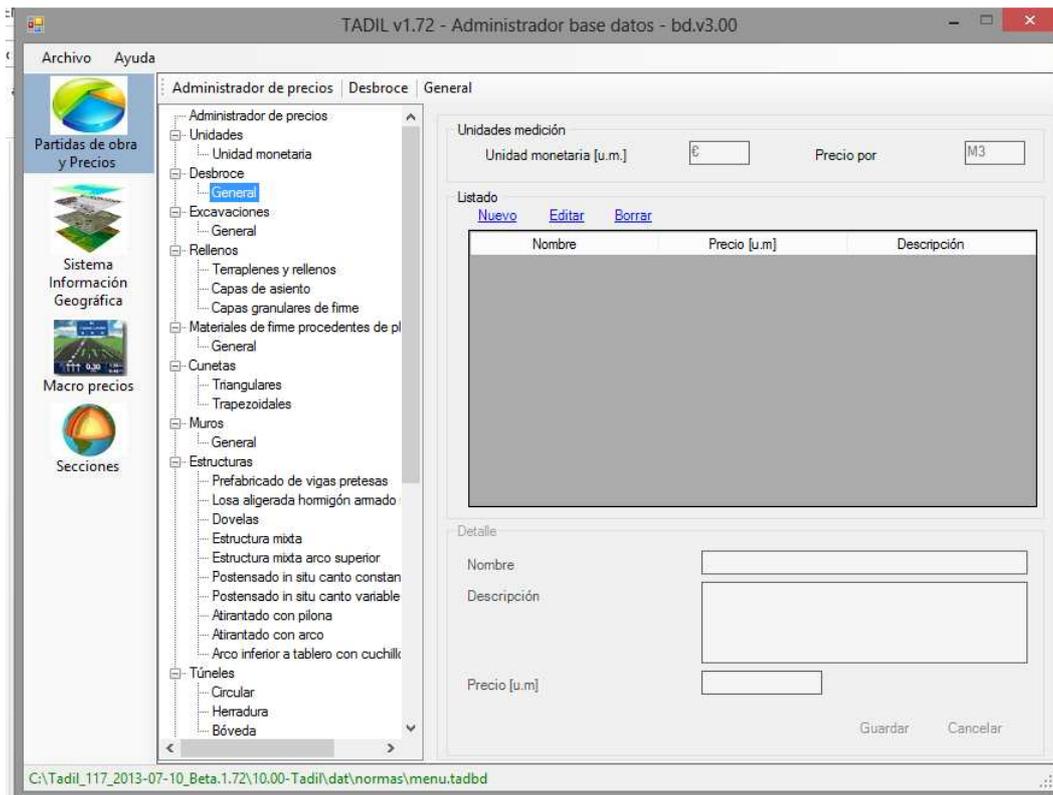


Imagen 3-2. Menú de desbroce.

A diferencia de las variables excavación y terraplén para el desbroce se considera un único precio, sin diferenciar entre empleo en obra y retirada a vertedero. El usuario deberá calibrar ambas posibilidades y aportar un precio que resulte válido tanto para el uso completo en obra, (restauraciones de taludes, por ejemplo), como para la completa retirada a vertedero.

El precio de desbroce se da por m^3 e incluye la retirada completa a vertedero o a lugar de empleo en obra. Se entiende que este precio debe incluir el desbroce que realiza por lo general un bulldozer, (medición por metro cuadrado), y la excavación y transporte de la tierra vegetal, (medición por metro cúbico).

3. Excavaciones.

Para las excavaciones como hemos comentado anteriormente el programa permite diferenciar entre excavación para empleo y excavación para vertedero.

En la excavación para empleo el material resultante pasará a completar las capas granulares, las capas de asiento, los terraplenes o los rellenos de saneamiento. En la excavación para vertedero el material es sobrante o no tiene las características adecuadas para su uso en rellenos por lo que irá a vertedero.

Cabe indicar que el programa elabora el balance de tierras automáticamente de acuerdo a las indicaciones dadas por el usuario en el menú de fichas geotécnicas del Sistema de Información Geográfico. Para ello el programa tiene en cuenta la jerarquía de materiales necesarios según la secuencia:

capas granulares -> capas de asiento -> capas de terraplén o rellenos de saneos.

Así si una excavación produce ahorros como capa granular se entiende que también podrá usarse en capas de asiento o en capas de terraplén o rellenos cuando sobre.

Las excavaciones para empleo primero completarán las capas granulares, posteriormente las de asiento y finalmente las de terraplén y rellenos.

Por todo ello es muy importante que el usuario estudie detenidamente los grupos geotécnicos que intervienen en la zona de estudio, y analice los materiales que puede producir en las excavaciones. En base a este análisis el usuario debe definir una estrategia adecuada que le permita emplear el máximo posible de las excavaciones optimizando así la obra. Así por ejemplo si sabemos que la mayoría del material de excavación va a ser tolerable, y sólo una pequeña parte será suelo adecuado o de tipo suelo seleccionado, no tiene sentido que exijamos en las capas de terraplén suelo adecuado, ya que ello supondría que la mayoría del material de excavación iría a vertedero.

El ingeniero deberá dimensionar el conjunto dado por el paquete de firme más las capas de asiento más el terreno natural subyacente o el terraplén acorde a los materiales disponibles.

Debe recordarse, por otro lado, que en el balance de tierras el material de excavación a vertedero es afectado por el coeficiente de esponjamiento para obtener el volumen total, mientras que el material que se usa en terraplenes y rellenos es afectado por el coeficiente de paso.

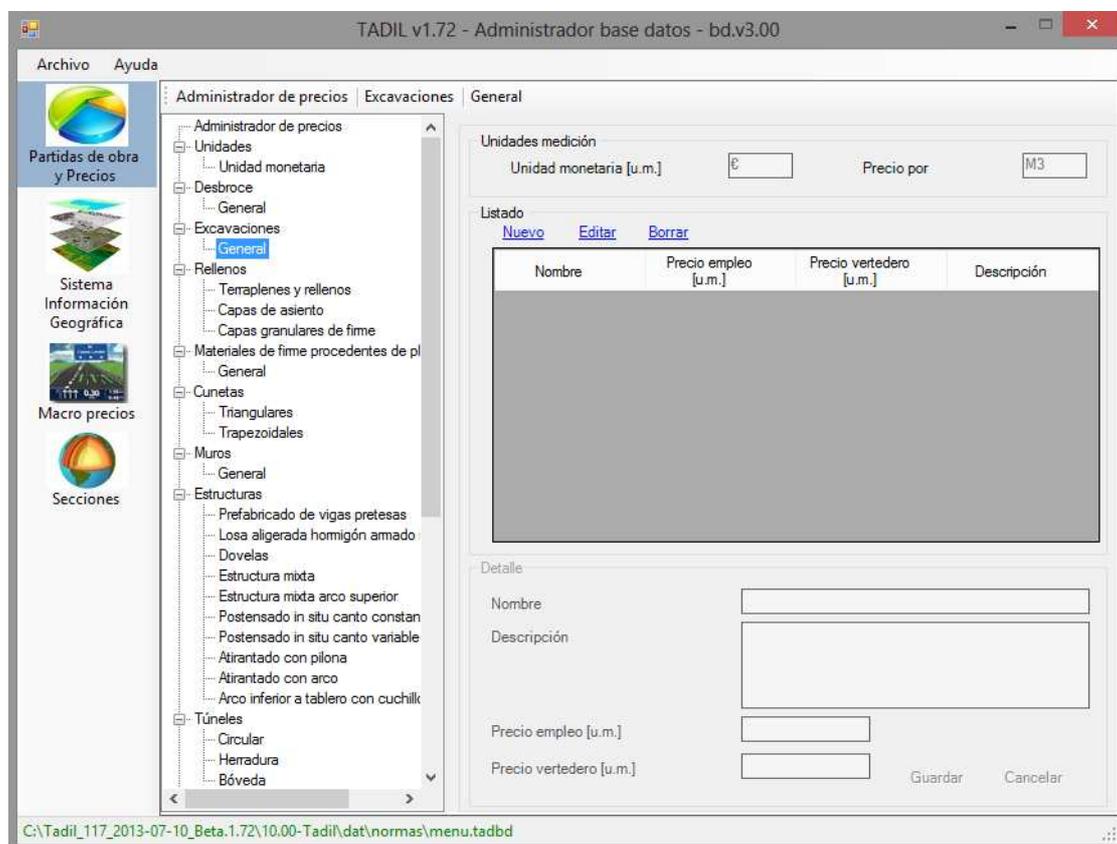


Imagen 3-3. Menú de excavaciones.

4. Rellenos.

Dentro del menú rellenos encontramos tres sub-menús: terraplenes y rellenos, capa de asiento y capas granulares de firme.

Para los tres grupos anteriores también se diferencia entre material de empleo y material procedente de préstamos. El material de empleo es el utilizado de las excavaciones de la propia obra, mientras que el material de préstamo procede de canteras o explotaciones exteriores a la obra.

El programa elabora automáticamente el balance de tierras según las asignaciones elaboradas por el usuario en el menú geotécnico del sistema de información geográfico, y por tanto asigna los precios correspondientes a los volúmenes de rellenos con material procedente de la obra o de préstamos.

Esta distinción la hace tanto para las capas granulares, como para las capas de asiento como para los terraplenes y rellenos de saneamiento.

Cabe destacar que es frecuente que los materiales procedentes de la excavación y que resulten aptos para su empleo como capas granulares de firme, suelen requerir un tratamiento preliminar a su empleo en firmes, (planta de machaqueo por ejemplo). El usuario deberá diferenciar con las partidas correspondientes a este tipo de material con un precio acorde a los medios técnicos y materiales necesarios.

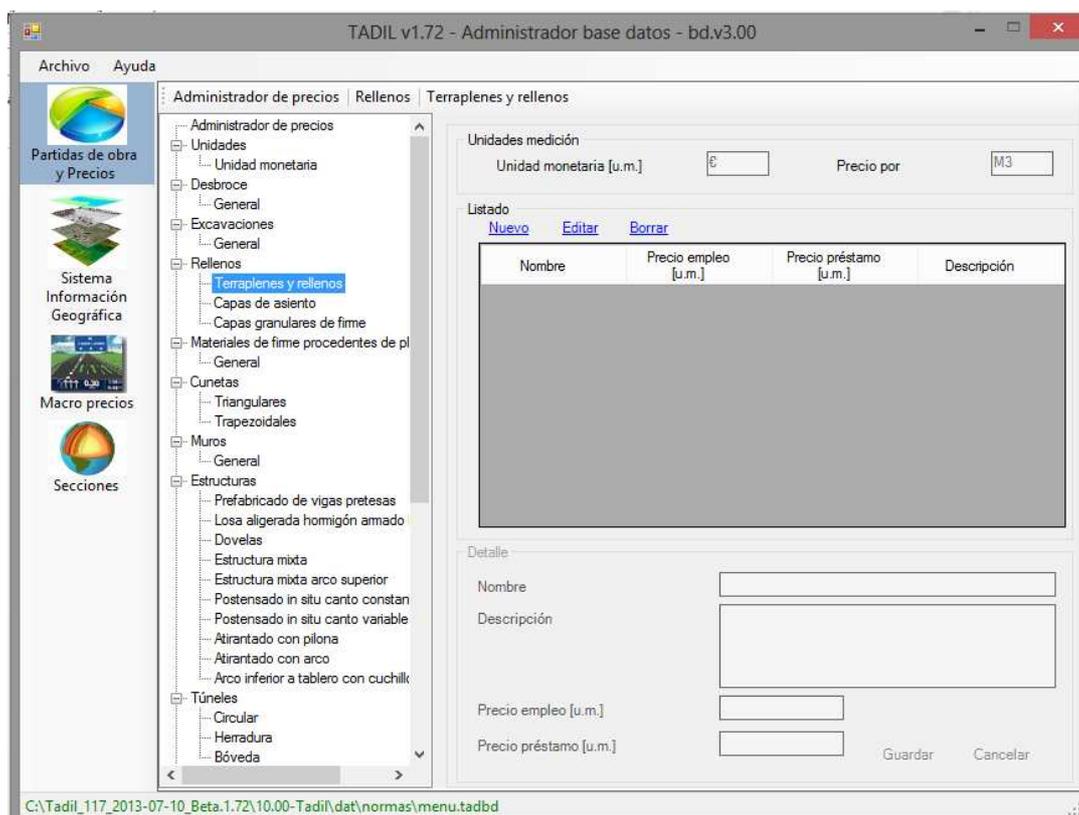


Imagen 3-4. Menú de rellenos

5. Materiales de firme procedentes de planta.

Los materiales de firme procedentes de planta son aquellos que requieren una elaboración previa en planta de procesado y que suelen incluir un conglomerante, tales como los hormigones, aglomerados, adoquinados, etc... No se incluyen aquí las capas granulares tales como zahorras, macadam, gravas, arenas, etc... que deberán introducirse en el menú específico de capas granulares.

También se incluirán aquí los materiales fabricados a pié de obra en planta móvil. El usuario deberá calibrar adecuadamente los gastos de los materiales componentes y su procedencia, los gastos de transporte desde la central de fabricación, así como su extendido, puesta y ejecución en obra. En su caso además incluirá todos los tratamientos preliminares y finales para la terminación de la capa, (riegos de adherencia, riegos de imprimación, tratamiento silíceo superficial en hormigones impresos, etc...).

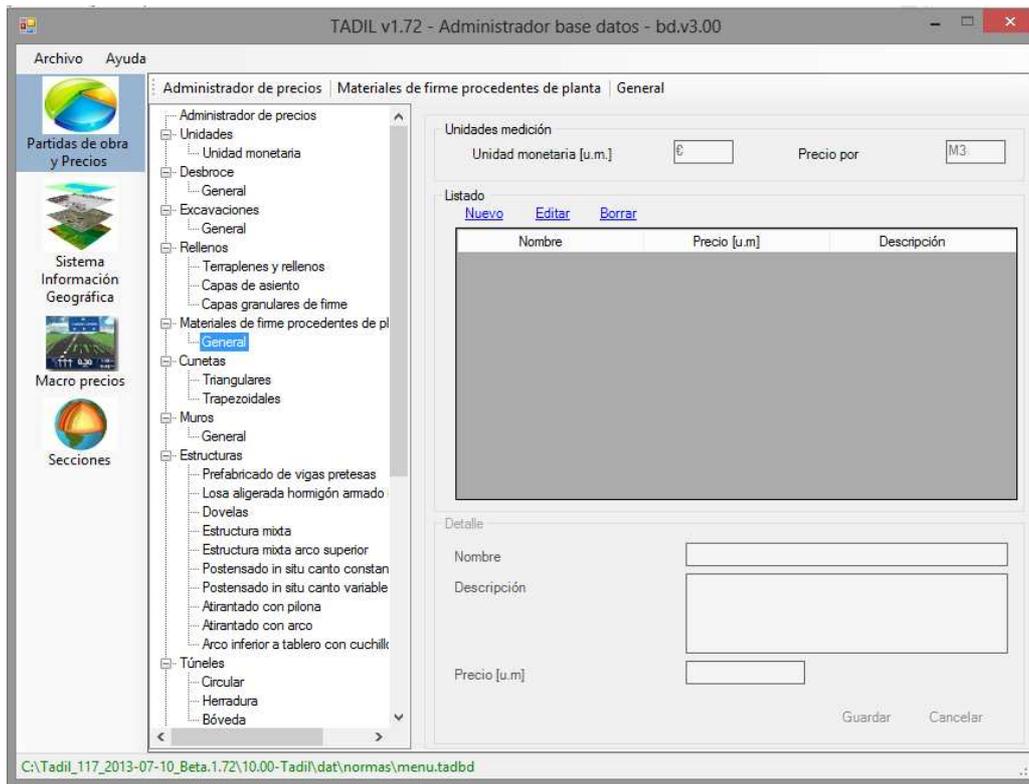


Imagen 3-5. Menú de firmes procedentes de planta.

6. Cunetas.

En este caso se definen los precios de las cunetas que se van a emplear en la sección tipo. A diferencia de las partidas anteriores las cunetas se definen en la sección transversal que es única para todo el proyecto, y por tanto no es una variable dependiente del sistema de información geográfico.

El software permite la diferenciación entre partidas de cunetas triangulares y partidas para cunetas trapezoidales.

En todos los casos el usuario debe considerar que las partidas incluyen todos los medios materiales, maquinaria, mano de obra, auxiliares y costes indirectos para la completa ejecución en obra.

Las cunetas a implantar en las medianas de las secciones de calzada doble también se definen en el presente menú; el usuario podrá escoger para ello entre geometría triangular o trapezoidal.



Imagen 3-6. Diferentes tipologías de cunetas y de ejecución de las mismas

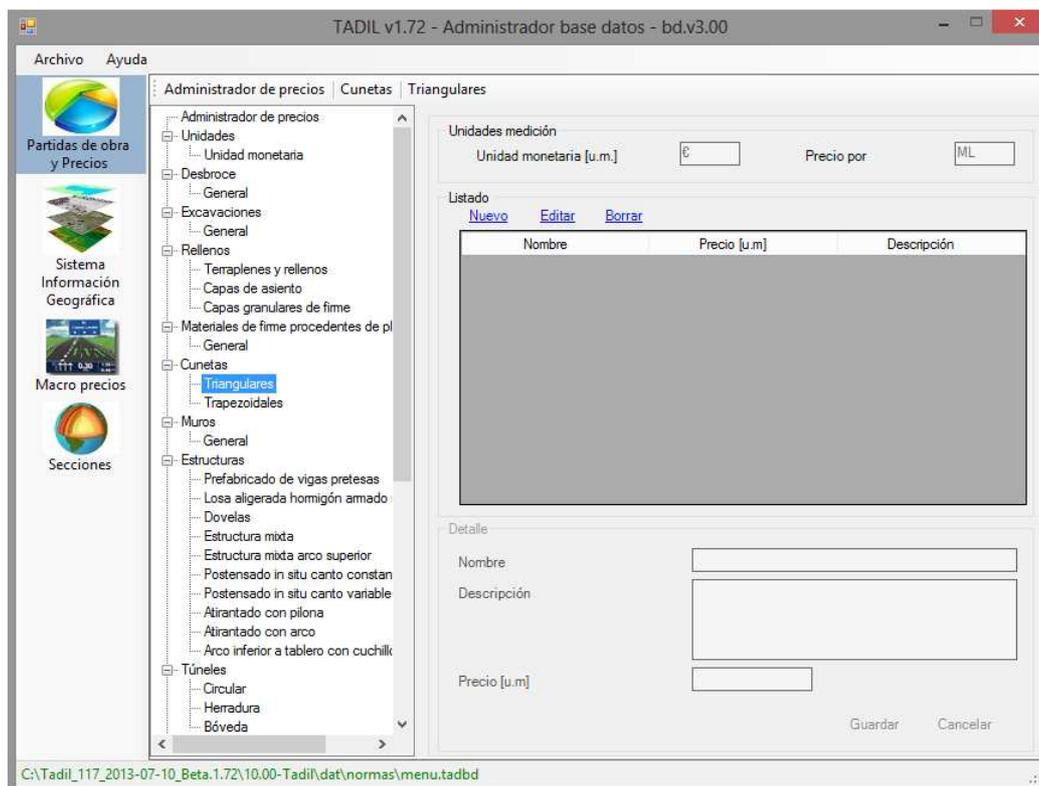


Imagen 3-7. Menú de generación de precios de cunetas.

7. Muros

Estas partidas se introducen en el Sistema de Información Geográfica dentro de las fichas geotécnicas, en los submenús de configuración de la sección en desmonte y terraplén.

En dichos menús se define la geometría de la sección de los muros que se va a implantar en cada sección transversal; de la misma forma se selecciona la partida de obra que define la tipología y precio y dicho muro.

El software permitirá elegir de entre las partidas generadas en el presente menú.

El usuario podrá definir cuantas tipologías dese.



Imagen 3-8. Diferentes tipologías de muros.

SOFTWARE TADIL

TÉCNICAS DE AUTOTRAZADO PARA EL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURAS LINEALES

PARTIDAS DE OBRA Y PRECIOS.

SUB-CAPÍTULO 2. GRUPO 2: PARTIDAS DE OBRA CON MACRO-PRECIOS.

0. Introducción.

En el presente capítulo se describen aquellas partidas de obra que se definen y presupuestan con un precio global, precio en el que se incluyen todas las unidades necesarias para su ejecución.

Este precio global o macro-precio, está basado en la experiencia existente sobre el tipo concreto de obra que se define y para el ámbito geográfico de ejecución.

Esta valoración global permite un acercamiento al coste de la obra, pero en ningún caso puede permitir la configuración de un presupuesto exhaustivo como se realiza a nivel de proyecto. El usuario o el ingeniero deberá aportar su conocimiento y experiencia y contar con una buena base de información para definir tales macro-precios.

El software TADIL aporta una extensa base de datos, considerando diferentes tipologías de estructuras, túneles y obras lineales en general, que pueden ser de utilidad al usuario.

1. Partidas con macro-precios.

Las partidas que se definen con macro-precios son las siguientes:

- estructuras, (puentes y viaductos).
- túneles.
- drenaje.
- señalización.
- reposición de servicios.
- correcciones geotécnicas.
- desvíos provisionales.
- actuaciones complementarias.
- medidas correctoras.
- seguridad y salud.

A su vez los grupos de estructuras y túneles se subdividen en diferentes tipologías de la siguiente manera:

- Estructuras, (viaductos):
 - Prefabricado de vigas pretesas.
 - Losa aligerada de hormigón armado.
 - Dovelas.
 - Estructura mixta de hormigón y acero.
 - Estructura mixta con arco superior de acero.
 - Postensado in situ con canto constante.

- Postensado in situ con canto variable.
 - Atirantado con pila central.
 - Atirantado con arco superior.
 - Arco inferior a tablero con cuchillos verticales de transmisión de esfuerzos.
- Túneles:
 - Túneles de geometría circular.
 - Túneles de herradura.
 - Túneles de bóveda.

Seguidamente pasamos a comentar cada una de las partidas anteriores.

3. Estructuras.

Se consideran aquí las tipologías definidas anteriormente. Dentro de cada tipología el usuario podrá crear tantos sub-tipos como desee. La valoración de la partida se hace por metro cuadrado y el coste corresponde al presupuesto de ejecución material. Por ejemplo:

Nombre: Prefabricado de vigas TIPO 1.

Precio: 800 € / m²

Descripción: Viaducto de vigas prefabricadas con luz máxima 30 m y altura máxima de pila 25 m.

Cabe destacar que en cada caso el usuario debe tener en cuenta las características del viaducto que va a permitir configurar en el sistema de Información Geográfico; así por ejemplo si la orografía es muy compleja y el usuario decide permitir una altura de tablero de hasta 60 m, el coste para la misma tipología de viaducto no será comparable cuando las pilas se limitan, por ejemplo a 25 m. Por tanto la definición de los precios debe ser congruente con las necesidades de diseño que imponen las características geomorfológicas del territorio que se estudia.

Como se ha visto en el Menú del Sistema de Información Geográfico el software permite importar la sección tipo de la estructura a representar con el conjunto de secciones transversales.

Seguidamente hacemos un breve resumen de las características de cada tipología:

- Puente prefabricado de vigas pretensas.

Se consideran viaductos con vigas prefabricadas pretensadas en I y en artesa, en los que las vigas proceden de central de prefabricación y se montan sobre apoyos, (por ejemplo de neopreno zunchado), en obra. Sobre tales vigas se construye el tablero.



Imagen 3-9. Diferentes tipologías de puentes prefabricados con vigas artesas o en I.

- Losas aligeradas de hormigón armado.

En este caso consideramos tableros de hormigón ejecutados in situ con la inclusión de aligeramientos longitudinales en la sección con armadura pasiva. Cabe destacar que la ausencia de armadura postesa limita por lo general la longitud máxima de los vanos.



Imagen 3-10. Ejemplo de puente de losa ejecuta con aligeramientos circulares.

- Dovelas.

En este caso el tablero se configura por la unión de secciones prefabricadas de hormigón que posteriormente se solidarizan en obra por la acción de cables de postensado.



Imagen 3-11. Ejemplo de puente de losa ejecuta con aligeramientos circulares.

- Estructura mixta de hormigón y acero.

En este caso consideramos estructuras en las que el tablero de hormigón apoya sobre una estructura de acero constituida por vigas longitudinales, cajón o celosía metálica que a su vez apoya sobre las pilas. En el caso de celosías, la estructura metálica suele tener configuraciones tradicionales (como por ejemplo la viga Watt), que si bien antaño tuvieron una importante profusión en infraestructuras de ferrocarril, hoy día, su uso queda más ceñido en el caso de carreteras a puentes de grandes luces con implantación mediante técnicas de empuje desde el estribo.



Imagen 3-12. Soluciones de estructuras mixtas con vigas metálicas, celosía y cajón.

- Estructura mixta con arco superior de acero.

A diferencia de la tipología anterior en este caso la estructura metálica se dispone alcanzando una altura superior a la del tablero del que recibe las cargas permanentes y de uso, por medio de vigas y riostras que conectan con el mismo. El perfil longitudinal de la estructura metálica suele corresponder a la geometría de arco apoyándose en las pilas que lo delimitan.



Imagen 3-13. Diferentes soluciones de estructuras mixtas con arco superior.

- Postensado in situ con canto constante.

A diferencia de los puentes de losa aligerada de hormigón armado, los puentes postensados in situ con canto constante incluyen armadura activa con una sección con aligeramientos longitudinales o tipo cajón.



Imagen 3-14. Puente postensado in situ de canto constante.

- Postensado in situ con canto variable.

A diferencia de la tipología anterior en este caso el perfil inferior del canto del tablero suele ser tipo parabólico, circular, o incluir tres tramos en cada vano, con el central de canto constante.

Como en el caso anterior la ejecución del puente puede realizarse por métodos muy diferentes en función de las condiciones de accesibilidad y viabilidad técnica, (cimbra, avances sucesivos desde la pila, etc...).

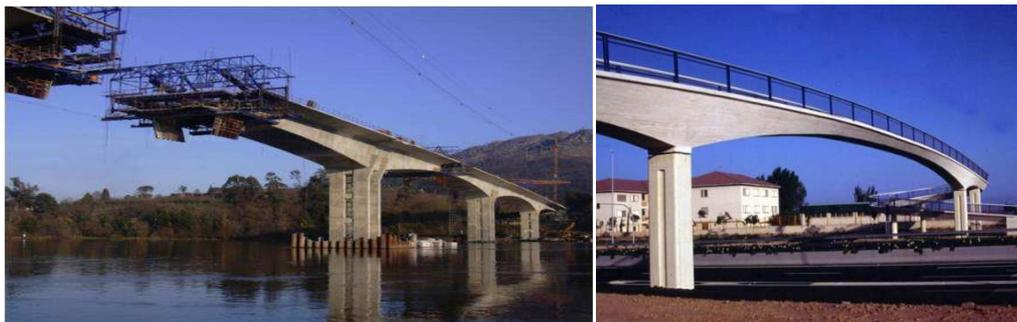


Imagen 3-15. Puente postensado in situ de canto variable.

- Atirantado con pila central.

En este caso el concepto de estructura cambia radicalmente respecto de las anteriores, existiendo una pila central que recibe los esfuerzos del tablero a través de tirantes.

Esta tipología permite alcanzar mayores luces si bien el coste de la obra suele ser muy superior. Su uso está más orientado al paso de grandes valles y ríos de gran cauce.

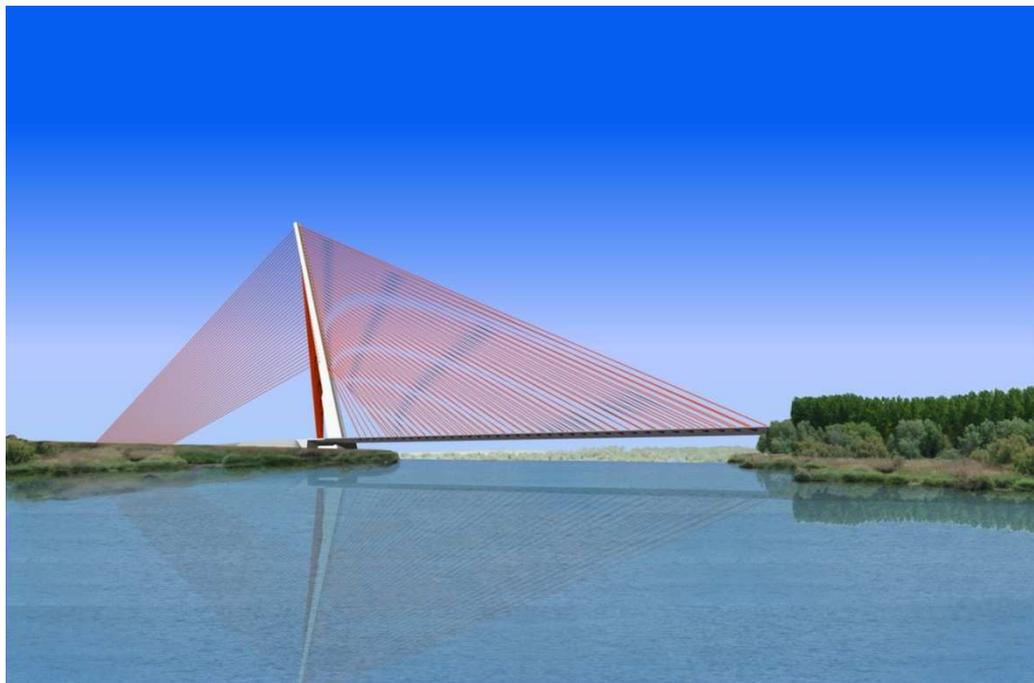


Imagen 3-16. Puentes atirantados con pila central.

- Atirantado con arco superior.

A diferencia de la tipología anterior en este caso es un arco superior el que recibe el esfuerzo del tablero mediante tirantes.

Con esta tipología se han alcanzado luces superiores a los 120 m.



Imagen 3-17. Puentes arco-atirantado.

- Arco Inferior a tablero con cuchillos verticales de transmisión de esfuerzos.

Finalmente se ha incluido la tipología tradicional de estructura en arco inferior a tablero recibiendo mediante montantes o "cuchillos" verticales los esfuerzos del tablero.

La estructura podrá ser metálica, mixta o de hormigón.



Imagen 3-18. Puentes arco metálico.

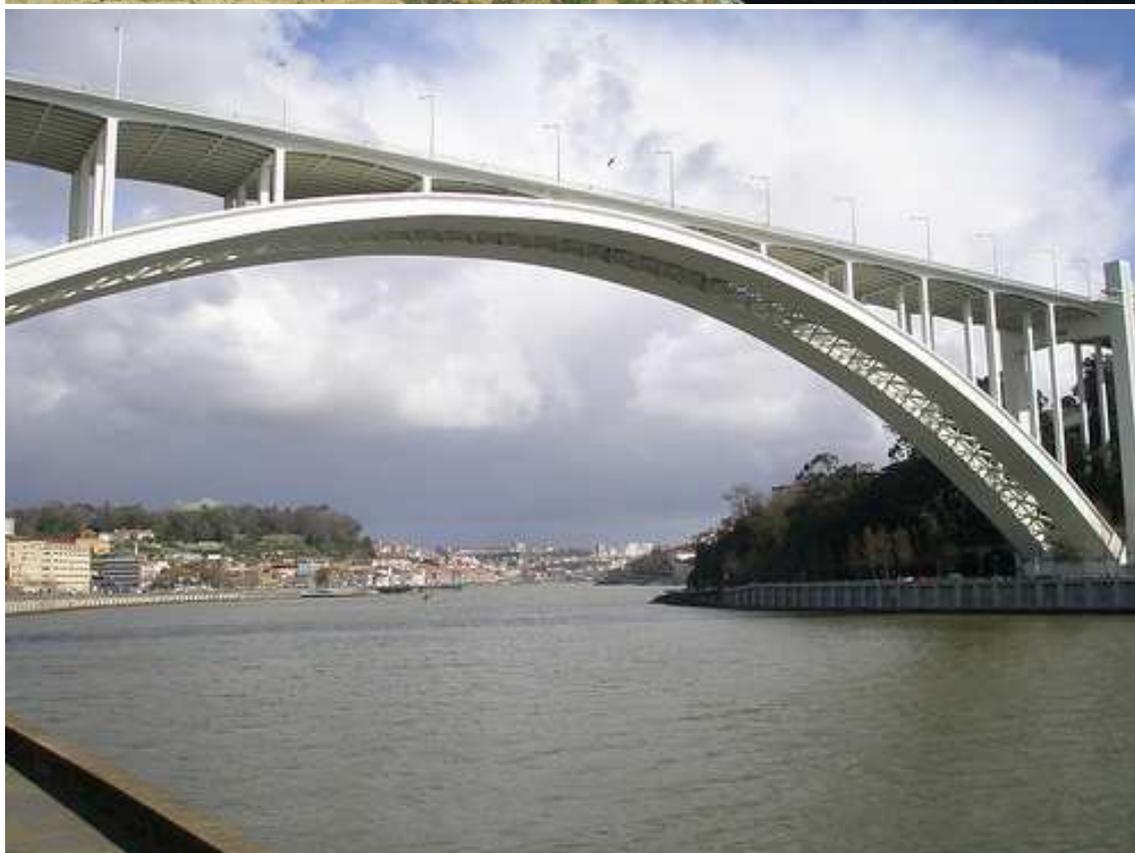


Imagen 3-19. Puentes arco; imagen superior con arco metálico el inferior con hormigón.

4. Túneles.

Como se ha comentado anteriormente el software estructura las tipologías de túneles en tres según la geometría: circular, de herradura y de bóveda.

En el menú del sistema de información geográfica, además el software permite definir la tipología necesaria, así como las actuaciones en el frente, y permite, en función del valor de RMR, proponer una solución de sostenimiento. Además el usuario puede definir el revestimiento que desee, u optar por la opción de dovelas para la geometría circular.

El usuario por lo tanto deberá tener en cuenta las características geotécnicas del territorio así como los procedimientos constructivos, ya que la diferencia en coste es considerable según la solución que se prevea.

El macro-precio se define por km de túnel incluyendo todos los medios materiales, maquinaria, mano de obra, auxiliares y costes indirectos necesarios para la ejecución del túnel.

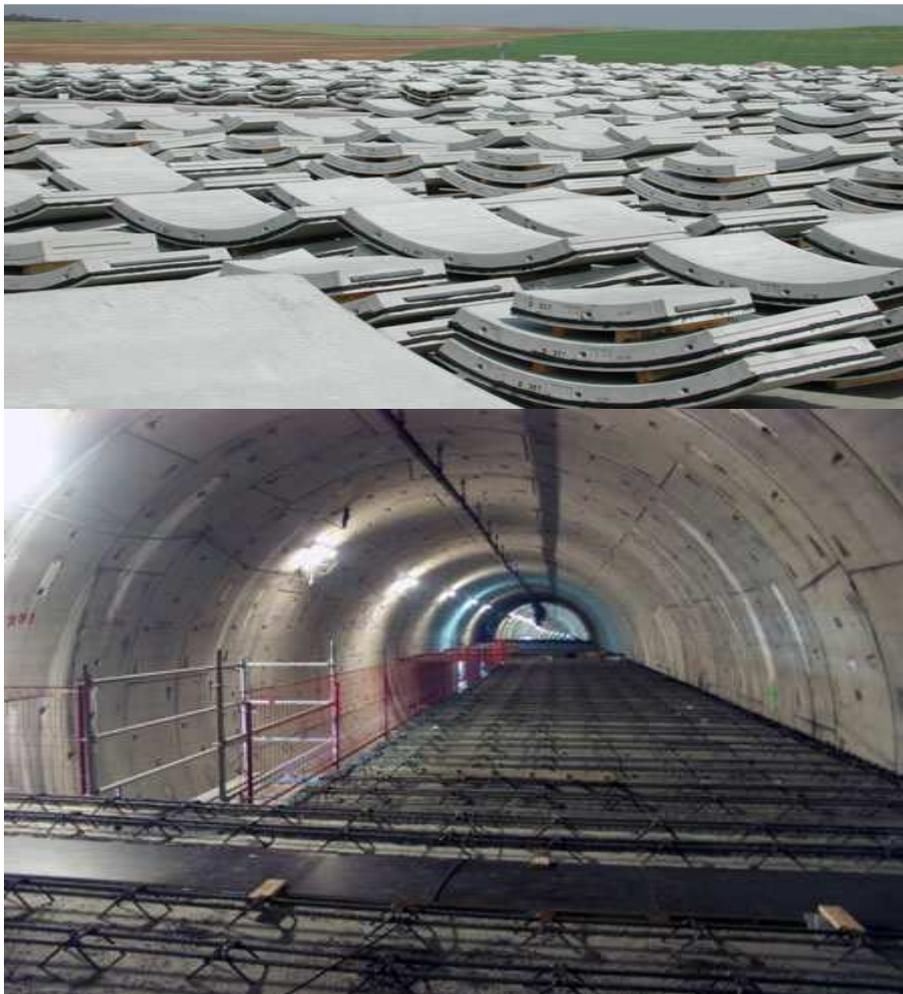


Imagen 3-20. Túnel circular de dovelas y parque de fabricación de dovelas.



Imagen 3-21. Diferentes imágenes de túneles con geometría de bóveda.



Imagen 3-22. Diferentes imágenes de túneles con geometría de herradura.

5. Macro-precios que no van vinculados al sistema de Información Geográfico.

En esta sección se consideran ratios convencionales de coste de capítulos completos de obra por unidad de longitud de infraestructura o como porcentaje respecto del presupuesto de ejecución material de la obra.

El usuario deberá considerar las características de la infraestructura así como del territorio a la hora de asignar tales ratios.

Los ratios se aplicarán por igual a todas las alternativas consideradas en el estudio informativo, cuando sean activadas en el menú presupuesto. Estos precios por tanto son independientes del sistema de información geográfico, si bien, a la hora de crearlos el usuario deberá considerar la adecuación al entorno y al tipo de obra.

Los capítulos sobre los que se asignarán macro-precios son:

- drenaje.
- señalización.
- reposición de servicios.
- correcciones geotécnicas.
- desvíos provisionales.
- actuaciones complementarias.
- medidas correctoras.
- seguridad y salud.

Seguidamente comentamos brevemente cada uno de los capítulos anteriores.

- **drenaje:** se incluye aquí toda la inversión necesaria en la obra lineal, para drenaje transversales, drenaje longitudinal, (sin incluir las cunetas), drenaje de fondo y encauzamientos que se requieran. La pluviometría del lugar, la frecuencia de cauces y el caudal de los mismos deben orientar al usuario sobre el ratio de coste a implementar en el estudio informativo.



Imagen 3-23. Diferentes imágenes de obra de drenaje transversal.

- **señalización:** este macro-precio incluirá tanto la señalización horizontal como la vertical, así como la cartelería e hitos de deslinde. El usuario considerará un mayor coste de esta partida cuando sean previsible frecuentes cruces de infraestructuras.



Imagen 3-24. Diferentes imágenes de paneles de obra.



Imagen 3-25. Diferentes imágenes de señalización horizontal y vertical.

- **reposición de servicios:** se incluirán todos los servicios afectados por la infraestructura, ya sean riegos, electricidad, telefonía, gas, conducciones, etc... El usuario deberá ponderar esta variable en función de la densidad de servicios existentes en la zona.



Imagen 3-26. Diferentes imágenes de reposición de servicios en obra.

- **correcciones geotécnicas:** se incluyen aquí todas las obras adicionales de estabilización que sean previsibles a lo largo de la obra y que no puedan valorarse por las unidades definitorias de la sección transversal, ya sean rip-raps, muros ecológicos, hidro-siembras, vibro-consolidación del terreno, etc...

El usuario tendrá en cuenta la geotecnia del territorio para valorar la mayor o menor intensidad de esta partida.



Imagen 3-27. Detalle de corrección geotécnica en talud.

- **desvíos provisionales:** el valor de este macro-precio estará en función de la intensidad de infraestructuras lineales a atravesar o bien del grado de coincidencia con infraestructuras existentes.

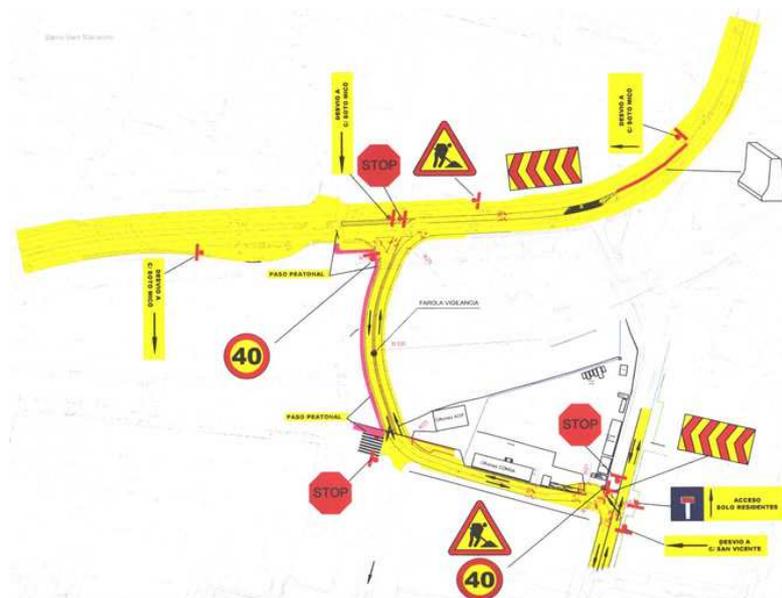


Imagen 3-28. Detalle de desvío de obra.

- **actuaciones complementarias:** en este grupo se incluirán todas las obras relativas a caminos de servicio paralelos a la infraestructura o en el entorno de la obra; el usuario tendrá en cuenta la necesidad de prever caminos de servicio; así no será lo mismo una obra en un entorno agrícola que en zona forestal. Dentro de este grupo podrá incluir partidas que no sean englobables en los capítulos anteriores.



Imagen 3-29. Imágenes de infraestructuras con caminos de servicio.

- **medidas correctoras:** dentro de este capítulo el usuario incluirá todas las actuaciones relativas al empleo de la tierra vegetal en taludes y su mantenimiento durante la obra, jalonamiento de acopios, trasplante de especies arbóreas, riegos en obra anti-polvo, prospecciones arqueológicas previas, balsas de recogida de aceites de maquinaria, adecuación de obras de drenaje para el paso de fauna, revestimiento de biondas con madera, mobiliario urbano en zonas de descanso y apartaderos, etc... El usuario evaluará la necesidad de incluir estas actuaciones y el grado en que ha de hacerlo.

Muy importante es tener en cuenta que dentro de esta partida deben considerarse los pasos de fauna a desnivel. Cuando el usuario haya introducido en el sistema de Información geográfica áreas en las que la administración competente exige la implantación de pasos a desnivel, deberá ponderar adecuadamente la posible incidencia económica en el presupuesto de la obra; debe considerarse que por lo general los pasos de fauna se materializarán por falsos túneles con longitudes que por lo general se exigen superiores a los cincuenta metros.





Imagen 3-30. Imágenes de paso de fauna.

- **seguridad y salud laboral:** esta variable se aporta como un porcentaje respecto del presupuesto de ejecución material de la obra. El usuario debe considerar que a mayor número de estructuras y túneles mayor porcentaje deberá considerar respecto del total de la obra.



Imagen 3-31. Señalización de seguridad y salud en obra.

SOFTWARE TADIL

TÉCNICAS DE AUTOTRAZADO PARA EL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURAS LINEALES

PARTIDAS DE OBRA Y PRECIOS.

SUB-CAPÍTULO 3. PARTIDAS PARA LA VALORACIÓN DE LAS EXPROPIACIONES.

0. Introducción.

En el presente capítulo se describen las partidas que permiten la valoración de las expropiaciones que requiere la obra lineal.

La ocupación de terreno vendrá definida por la superficie de la obra, (borde de desmonte o terraplén), más el margen a cada lado establecido por la administración. En el menú presupuesto se definirá dicha distancia.

Cuando el usuario prevea la necesidad de construir caminos de servicio deberá incrementar la magnitud anterior.

1. Valoración de la producción.

La expropiación de un terreno productivo ya sea agrícola, industrial o de servicios supone una ruptura de los ratios económicos de producción de la entidad que lo explota. Este efecto que por lo general suele pasarse por alto en la mayoría de las obras tiene mayor incidencia a mayor rentabilidad de la explotación.

El usuario deberá considerar la normativa local y la forma de valorar la pérdida económica que se genera y las consecuentes indemnizaciones. Para ello tendrá en cuenta el mapa de usos introducidos en el sistema de información geográfico.

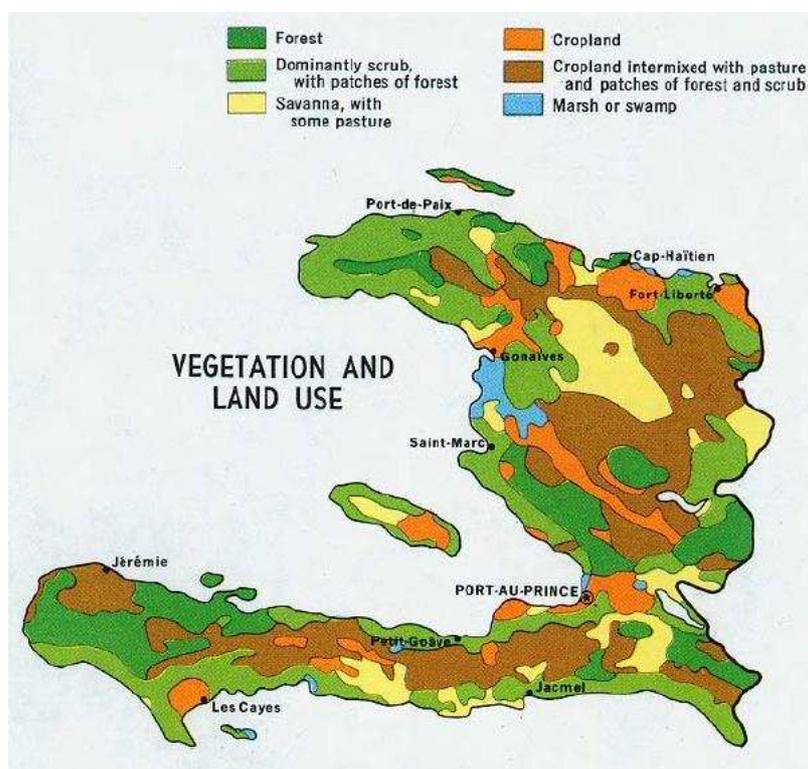


Imagen 3-32. Ejemplo de mapa de usos

2. Valoración del suelo.

En este caso el usuario debe considerar el valor patrimonial del suelo según se trate de suelo no urbanizable, urbanizable o urbano y dentro de cada grupo según su categoría.

La suma de la valoración de la producción del suelo y del valor patrimonial permitirá obtener el valor de expropiación.



Imagen 3-33. Secano versus regadío.

SOFTWARE T.A.D.I.L.

**TÉCNICAS DE AUTOTRAZADO PARA EL DISEÑO DE
INFRAESTRUCTURAS LINEALES. "TADIL."**

CAPÍTULO 4. SECCIONES TIPO

GUÍA METODOLÓGICA DE APLICACIÓN.

SOFTWARE TADIL.
TÉCNICAS DE AUTOTRAZADO PARA EL DISEÑO DE
INFRAESTRUCTURAS LINEALES

Guía Metodológica de Aplicación

CAPÍTULO 4. SECCIONES TIPO.
EDICIÓN 1.

En el presente capítulo se describen las diferentes secciones tipo que pueden implementarse con el software TADIL para carreteras.

La definición de la sección tipo incluye los elementos que definen la geometría de la infraestructura en superficie, que básicamente son anchos y pendientes transversales así como la tipología de cuneta longitudinal. El usuario podrá elegir entre sección simple o doble, y dentro de las doble, entre sección tipo autovía o autopista, y sección de autovía sin mediana. Cabe indicar que la definición de las secciones se hace al objeto de habilitar el desarrollo de estudios informativos, por lo que existen limitaciones en la definición de determinados elementos de la sección; en cualquier caso a efectos de valoración de alternativas y análisis a nivel de estudios informativo el detalle de la sección transversal se entiende suficiente.

SOFTWARE TADIL

TÉCNICAS DE AUTOTRAZADO PARA EL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURAS LINEALES

SECCIONES TIPO

SUB-CAPÍTULO 0. PROCEDIMIENTO.

0. Introducción.

En el presente capítulo se describe el procedimiento para definir las diferentes soluciones de sección tipo que se habilitan para el desarrollo de estudios informativos.

1. Metodología.

La metodología pasa por el siguiente proceso:

- a. Definición de cunetas: se incluyen los menús tanto para cunetas triangulares como trapezoidales.
- b. Definición de secciones tipo incluyendo las cunetas definidas anteriormente.

El programa permite guardar las cunetas con un nombre y posteriormente introducirlas en la sección transversal mediante la selección de la misma.

Cuando el usuario no haya creado ninguna cuneta el programa creará las secciones transversales sin cuneta alguna.

Finalmente cabe indicar que otros elementos como muros o bermas se insertan en los taludes laterales de desmonte a partir de la cuneta definida.

SOFTWARE TADIL

TÉCNICAS DE AUTOTRAZADO PARA EL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURAS LINEALES

SECCIONES TIPO

SUB-CAPÍTULO 1. DEFINICIÓN DE CUNETAS

0. Tipologías de cunetas contempladas por el software TADIL

El programa permite introducir cunetas triangulares y cunetas trapezoidales. Para la definición de sendas tipologías se habilitan dos menús, donde se introducen los datos geométricos, nombre y descripción de las mismas. Los materiales y asignación de partidas de presupuesto se hará en el menú de cada sección tipo habilitada y no en el menú de cunetas. La razón estriba en la posibilidad de definir cunetas de igual geometría pero de diferentes materiales y consecuentemente diferentes precios.

1. Cunetas triangulares.

La cuneta triangular se define por el ancho superior, profundidad en el centro y espesor de material. El menú permite una descripción de la cuneta y asignar un nombre. El nombre permitirá la identificación posterior y la importación de la cuneta en las secciones.

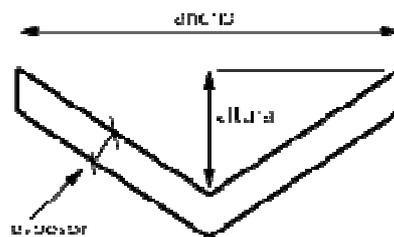


Imagen 4-1. Geometría de cuneta triangular

2. Cunetas trapezoidales.

La cuneta trapezoidal se define por el ancho superior, ancho inferior, altura y espesor de material. Como en el caso anterior el menú permite una descripción de la cuneta y asignar un nombre, para la posterior importación de la cuneta en las secciones.

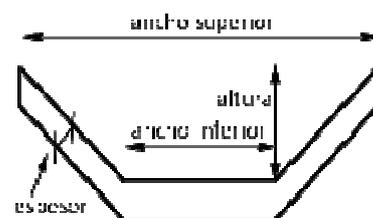


Imagen 4-2. Geometría de cuneta trapezoidal.

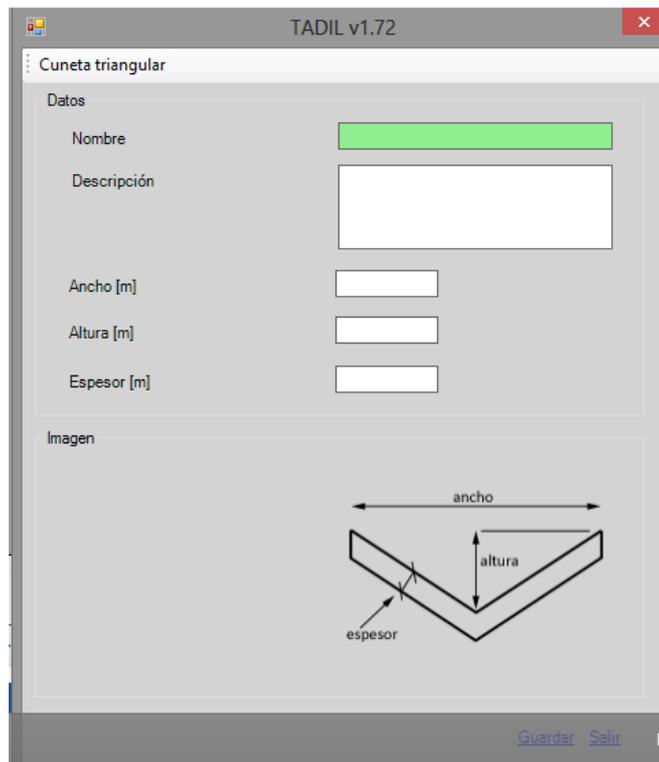


Imagen 4-3. Menús de cunetas triangulares y trapezoidales

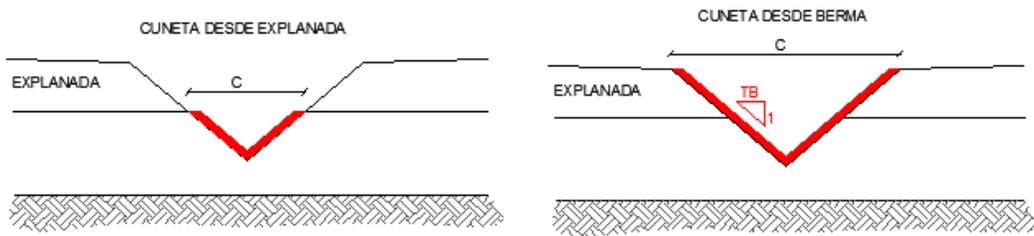


Imagen 4-5. Ubicaciones posibles de la cuneta

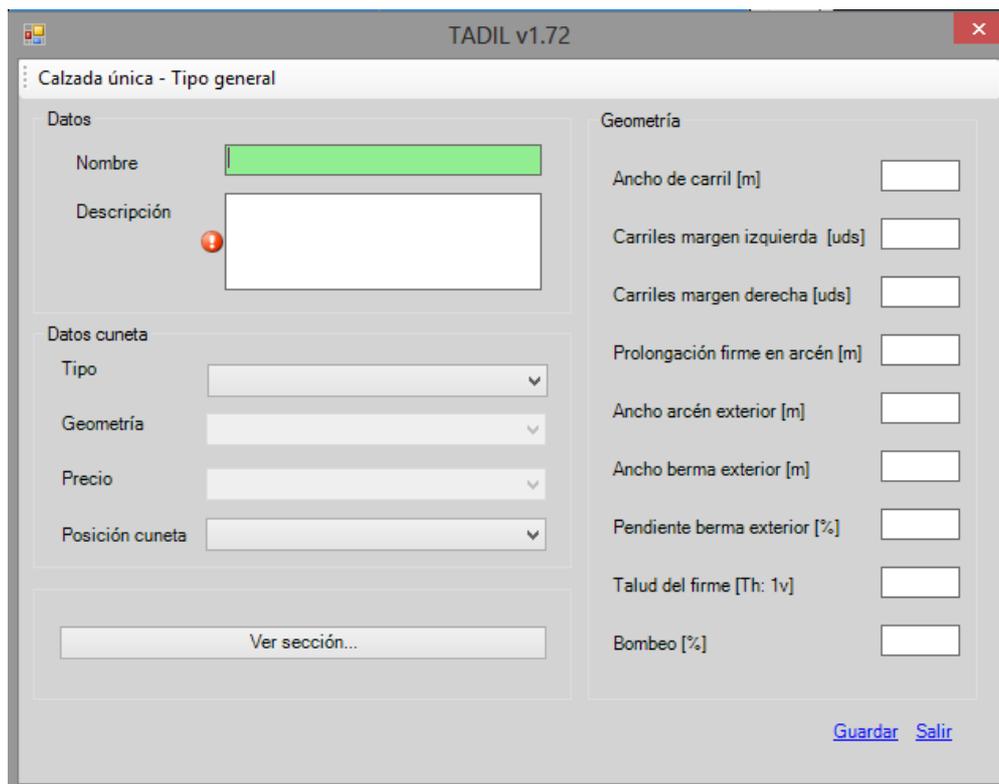


Imagen 4-6. Menú para la introducción de datos en la sección simple.

2. Definición de la sección tipo doble.

2.1. SECCIÓN DE AUTOPISTA O AUTOVÍA.

Para la definición de la sección doble de autovía o autopista se requieren los siguientes datos adicionales:

- Además de la cuneta exterior incluye la definición de la cuneta interior, mediante la definición de la tipología, la geometría y la partida de obra que se le asigna. En la sección transversal la cuneta se inserta al final de la berma interior.
- Los datos adicionales de la geometría de la sección de autovía respecto de la sección simple son:

- el ancho de mediana, (expresado en metros), que incluye la cuneta y sendas bermas interiores a cada lado de la cuneta de mediana.
- el ancho del arcén interior, (en metros).

El eje se materializa por el eje de la cuneta y la rasante por el encuentro del arcén con la mediana. Este aspecto es muy importante a la hora de definir las condiciones en los encuentros tanto en el punto de salida como en el de llegada. La geometría de la sección se define por la siguiente imagen:

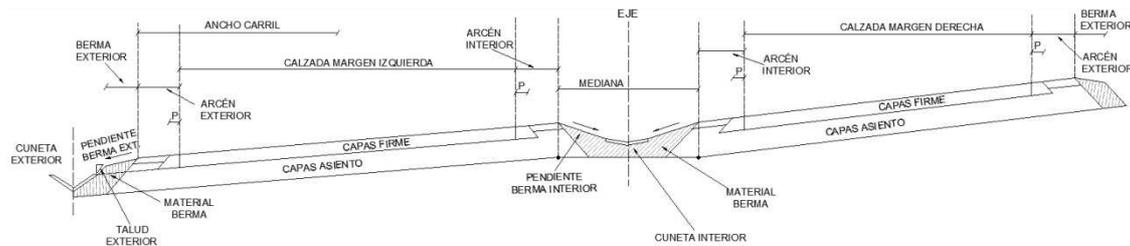


Imagen 4-7. Sección doble para autopistas o autovías.

Imagen 4-8. Menú para la introducción de datos en la sección doble de autovía o autopista.

2.2. SECCIÓN DOBLE SIN MEDIANA.

La sección doble se configura como la anterior con la excepción de que no existe mediana y por tanto tampoco existe cuneta intermedia. En el centro de la sección coincidiendo con el eje se inserta una barrera que el usuario puede seleccionar en formato dwg. El programa por defecto sugiere un detalle.

En la sección doble el eje coincide con el punto de unión de los arcenes interiores y la cota de rasante se define respecto de este punto.

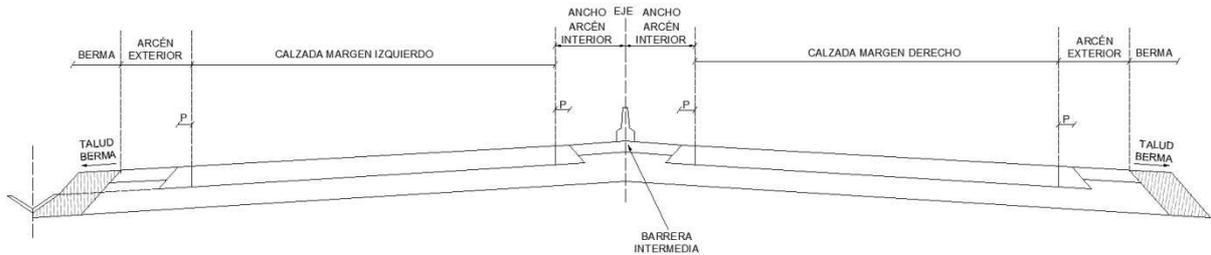


Imagen 4-9. Sección doble para autovía sin mediana.

La imagen muestra una ventana de software titulada 'TADIL v1.72' con un submenú 'Calzada doble - Autovía sin mediana'. El menú está dividido en varias secciones:

- Datos:** Campos para 'Nombre' (con un campo de texto verde) y 'Descripción' (con un campo de texto grande).
- Datos cuneta:** Campos para 'Tipo', 'Geometría', 'Precio' y 'Posición cuneta', todos con menús desplegables.
- Barrera:** Campo para 'Sección [dwg]' con un botón de selección de archivo.
- Geometría:** Campos para 'Ancho de carril [m]', 'Carriles margen izquierda [uds]', 'Carriles margen derecha [uds]', 'Ancho arcén exterior [m]', 'Ancho arcén interior [m]', 'Prolongación firme en arcén [m]', 'Ancho berma exterior [m]', 'Pendiente berma exterior [%]', 'Talud del firme [Th: 1v]' y 'Bombeo [%]', todos con campos de entrada numérica.

En la parte inferior derecha del menú hay un botón 'Ver sección...' y los botones 'Guardar' y 'Salir'.

Imagen 4-10. Menú para la introducción de datos en la sección doble sin mediana.

SOFTWARE T.A.D.I.L.

**TÉCNICAS DE AUTOTRAZADO PARA EL DISEÑO DE
INFRAESTRUCTURAS LINEALES. "TADIL."**

CAPÍTULO 5. PRESUPUESTO Y RENTABILIDAD

GUÍA METODOLÓGICA DE APLICACIÓN.

SOFTWARE TADIL. TÉCNICAS DE AUTOTRAZADO PARA EL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURAS LINEALES

Guía Metodológica de Aplicación

CAPÍTULO 5. PRESUPUESTO Y RENTABILIDAD

EDICIÓN 1.

Posiblemente este apartado sea el de mayor interés para el usuario que represente a una administración pública o empresa promotora para la explotación de infraestructuras.

Con esta aplicación pretendemos responder a preguntas tales como: ¿es rentable la construcción de nuestra infraestructura?, ¿cuál es la inversión necesaria?; ambas cuestiones pueden plantearse tanto desde el punto de vista de la inversión privada, como pública. En cualquiera de los casos, ya sea la inversión llevada a cabo por una administración pública o por una empresa privada, deberá analizarse la rentabilidad social o general, es decir, deberá determinarse si la construcción es ventajosa o no para los usuarios finales y para la administración que los representa. Así una autopista de peaje, por ejemplo, aunque obligue al desembolso de un peaje y/o a subvenciones de la administración, puede resultar ventajosa, en tanto en cuando, permita una reducción de los costes de funcionamiento o de los tiempos de recorrido, (medidos en términos económicos), una reducción de los gastos de conservación y mantenimiento para la administración, etc...

De la misma forma el software se configura para el análisis de inversiones puramente privadas o bien público-privadas con la posibilidad de que el promotor soporte parte o la totalidad de la inversión.

SOFTWARE TADIL

TÉCNICAS DE AUTOTRAZADO PARA EL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURAS LINEALES

CAPÍTULO 5. PRESUPUESTO Y RENTABILIDAD

SUB-CAPÍTULO 0. PROCEDIMIENTO.

0. Introducción.

En el presente capítulo se describe el procedimiento que se sigue para la configuración del presupuesto y posteriormente para el estudio de viabilidad económica.

1. Metodología.

Cuando el usuario llega a esta fase del proyecto se entiende que el software ha sido capaz de generar las mediciones de la obra, quedando únicamente la asignación de partidas que se generarán como macro-precios.

Para ello el programa da la opción de configurar y guardar conjuntos de macro-precios a combinar según el tipo de obra. Los macro-precios emplearán las partidas introducidas en el menú "partidas" para los siguientes capítulos:

- drenaje longitudinal y transversal.
- señalización, balizamiento y defensas.
- reposición de servicios.
- correcciones geotécnicas.
- desvíos provisionales.
- actuaciones complementarias.
- medidas correctoras.
- seguridad y salud.

De esta forma se podrá generar una combinación de macro-precios para las partidas anteriores y que se podrá usar en cualquier proyecto.

Para guardar las combinaciones de macro-precios TADIL sugiere cuatro grandes clasificaciones coincidentes con los grupos de secciones tipo.

- Sección única.
- Sección doble autovía o autopista.
- Sección doble autovía o autopista sin mediana.

Una vez definidos los macro-precios el programa es capaz de aportar el presupuesto de ejecución material del proyecto.

Para generar el presupuesto base de licitación y el presupuesto de conocimiento para la administración el usuario deberá introducir todos los porcentajes que correspondan:

- Presupuesto Base de Licitación.
 - gastos generales.
 - beneficio industrial.

- control de calidad.
- IVA, (ó VAT)

- Presupuesto Conocimiento de la Administración:
 - conservación de patrimonio.
 - costes adicionales de control de calidad.
 - restauración paisajística.
 - otros.
 - zona servidumbre, ancho en metros: permitirá el cálculo del coste de expropiaciones.

El usuario debe considerar qué porcentajes debe emplear de acuerdo a la normativa por la que deba regirse así como los valores correspondientes.

Con los valores anteriores el usuario podrá conocer el presupuesto y por tanto iniciar el cálculo de la rentabilidad, indicando el carácter público o privado del promotor, e introduciendo los datos de tráfico y de gestión económica que definen la inversión. Los parámetros que usa el software TADIL en su análisis económico son relación beneficio/coste y VAN.

SOFTWARE TADIL

TÉCNICAS DE AUTOTRAZADO PARA EL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURAS LINEALES

CAPÍTULO 5. PRESUPUESTO Y RENTABILIDAD

SUB-CAPÍTULO 1. OBTENCIÓN DEL PRESUPUESTO

1. Relación de macro-precios.

Como se ha indicado anteriormente el usuario podrá crear combinaciones de macro-precios acordes al tipo de infraestructura que vaya a proyectar, y clasificarlas según la tipología de sección tipo.

Las combinaciones de macro-precios se harán respecto de los siguientes conceptos:

- drenaje longitudinal y transversal.
- señalización, balizamiento y defensas.
- reposición de servicios.
- correcciones geotécnicas.
- desvíos provisionales.
- actuaciones complementarias.
- medidas correctoras.
- seguridad y salud.

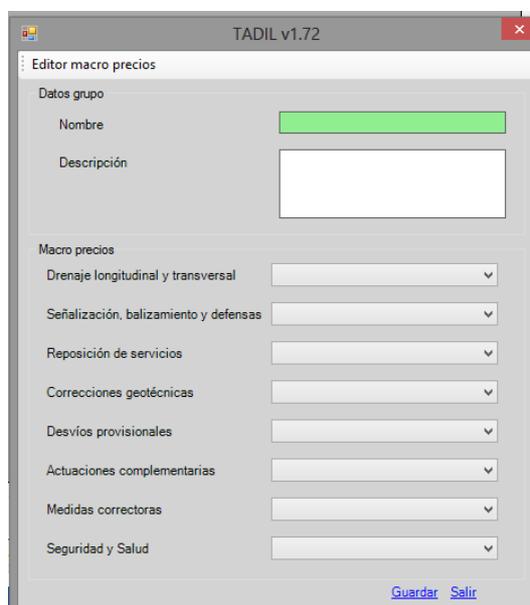


Imagen 5-1. Menú de grupos de macro-precios.

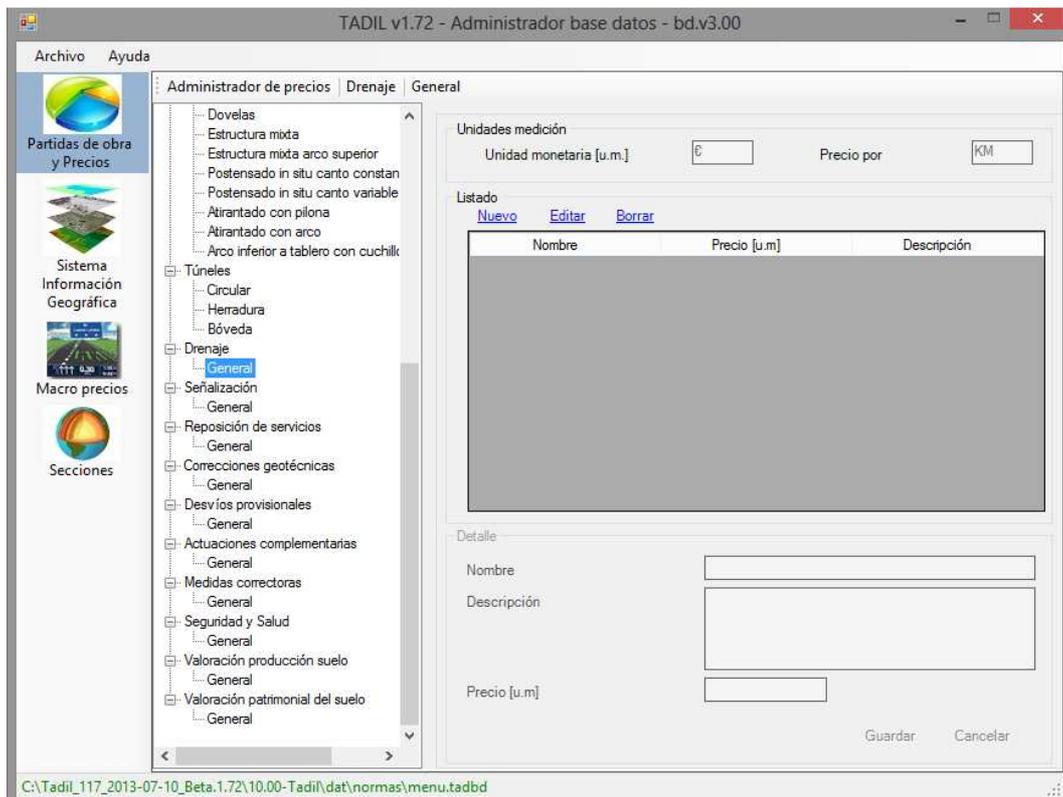


Imagen 5-2. Introducción de macro-precios.

El usuario podrá seleccionar la combinación que desee de macro-precios acorde al tipo de obra que proyecte.

2. Presupuesto base de licitación.

Una vez introducidos los macro-precios y estando calculadas las mediciones de la obra, TADIL obtiene automáticamente el Presupuesto de Ejecución Material, (PEM). Para obtener el Presupuesto Base de Licitación, (PBL) el usuario deberá introducir los siguientes datos como porcentaje respecto del PEM:

- gastos generales.
- beneficio industrial.
- control de calidad.
- IVA, (ó VAT).

Los valores anteriores son aplicados a todas las alternativas que haya definido el usuario y que se vayan a comparar.

Presupuesto Base de Licitación

| | |
|--------------------------|--|
| Gastos Generales [%] | <input style="width: 50px;" type="text" value="13"/> |
| Beneficio Industrial [%] | <input style="width: 50px;" type="text" value="6"/> |
| Control Calidad [%] | <input style="width: 50px;" type="text" value="1"/> |

Imagen 5-3. Menú de introducción de datos para obtención del PBL.

3. Presupuesto para conocimiento de la administración.

De la misma forma el usuario introducirá los siguientes datos para obtener el Presupuesto para Conocimiento de la Administración, (PCA):

- conservación de patrimonio, (como porcentaje respecto del PEM)
- control de calidad, (como porcentaje respecto del PEM)
- restauración paisajística, (como porcentaje respecto del PEM)
- otros tales como medidas compensatorias acciones correctivas, etc..., (como porcentaje respecto del PEM)
- zona servidumbre, ancho en metros: permitirá el cálculo del coste de expropiaciones empleando los valores introducidos en el menú SIG del coste de producción en variables socioeconómicas y del valor del suelo en variables patrimoniales.

| Presupuesto Conocimiento Administración | |
|---|-----|
| Conservación Patrimonio [%] | 1 |
| Control Calidad [%] | 1 |
| Restauración Paisajística [%] | 0.6 |
| Otros [%] | 0 |
| Zona Servidumbre [m] | 8 |
| IVA - VAT | |
| I.V.A (ó V.A.T.) [%] | 21 |

... [Guardar](#) [Cancelar](#)

Imagen 5-4. Menú de introducción de datos para obtención del PCA

SOFTWARE TADIL

TÉCNICAS DE AUTOTRAZADO PARA EL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURAS LINEALES

CAPÍTULO 5. PRESUPUESTO Y RENTABILIDAD

SUB-CAPÍTULO 2. ESTUDIO DE RENTABILIDAD

1. Estudio de rentabilidad.

1.1. PROCEDIMIENTO.

El procedimiento que seguiremos para determinar la rentabilidad de la construcción de la infraestructura pasa por determinar el balance de costes entre la opción 0, es decir mantener la conexión actual, y la construcción de la alternativa considerada, y sigue la siguiente secuencia:

- Determinación de los costes de accidentes.
- Determinación de los costes de funcionamiento.
- Determinación de los costes de tiempo.
- Ponderación de los costes atendiendo al porcentaje de vehículos pesados y al reparto actual y futuro de tráfico.
- Determinación de los gastos de explotación, conservación de la carretera, seguros, peajes y subvenciones.
- Estudio de rentabilidad social y/o privada en función de los balances de costes entre la situación actual, (opción 0), y cada una de las alternativas.

Cabe indicar que para el desarrollo del estudio de rentabilidad debe contarse con una prognosis de evolución del tráfico, determinando el incremento y reparto del tráfico en la nueva infraestructura y en la conexión existente caso de que se mantenga.

Seguidamente pasamos a comentar los menús y operaciones de cálculo de costes y rentabilidad según los pasos comentados anteriormente.

1.2. COSTES DE ACCIDENTES.

Para tener en cuenta el coste derivado de los accidentes se ha empleado un modelo cuantitativo, en el que se imputan a cada una de las alternativas los costes esperables por accidentes que se deberían producir siguiendo las estadísticas publicadas de accidentalidad en la región o en función del tipo de carretera, de los que se hacen cargo los usuarios directamente y subsidiariamente a través de los seguros obligatorios y los seguros privados concertados. La comparación debería hacerse respecto de los costes reales que se producen en la conexión actual que pueden conocerse mediante publicaciones del organismo correspondiente o estimarse en función de valores medios.

La valoración para realizar el análisis coste – beneficio se realiza con la siguiente expresión:

$$CPA = NM \cdot CM + NH \cdot CH$$

donde

CPA = coste por accidentes en el tramo completo durante un año.

NM = número de muertos durante un año en el tramo.

NH = número de heridos durante un año en el tramo.

CM = coste unitario medio de un muerto.

CH = coste unitario medio de un herido.

En la determinación del número de accidentes se ha empleado un método estadístico. En dicho método se considera que el número de accidentes para cada año y alternativa son los producidos en el año base incrementados según la evolución del tráfico. Esta hipótesis equivale a considerar que los índices de peligrosidad y mortalidad no varían a lo largo del tiempo en todo el período de análisis.

En el método estadístico, el número de muertos y heridos se determina con las siguientes expresiones:

$$NM = 365 \cdot IMD \cdot L \cdot IM \cdot 10^{-8}$$

$$NH = K \cdot 365 \cdot IMD \cdot L \cdot IP \cdot 10^{-8}$$

donde

NM = número de muertos durante un año en el tramo.

NH = número de heridos durante un año en el tramo.

IMD = intensidad media diaria del tramo.

L = longitud del tramo.

IM = índice de mortalidad.

IP = índice de peligrosidad.

K = número medio de heridos por accidente.

Para algunas carreteras como hemos indicado el valor IP e IM está publicado. Cuando no lo esté lo normal será emplear valores medios publicados por provincia, estado o región.

Por último, el coste unitario asignado a los accidentes se ha realizado teniendo en cuenta el actual mercado de los seguros, y los valores de las pólizas en caso de producirse la muerte o tan sólo heridos. Valores empleados frecuentemente en España son los siguientes:

$$\text{FALLECIDO} = 150.000 \text{ €}.$$

$$\text{HERIDO} = 42.000 \text{ €}.$$

Y por tanto:

$$\text{COSTE de ACCIDENTE: } NH \times CH + NM \times CM = NH \times 42.000,00 + NM \times 150.000$$

A la hora de determinar el balance de costes de accidentes entre la opción 0 y la alternativa correspondiente, el usuario deberá considerar el mantenimiento o no de la conexión actual; caso de mantener la carretera existente, habrá que sumar a los costes de accidentes de la nueva carretera los costes de accidentes en la conexión preexistente con el tráfico que quede en esta.

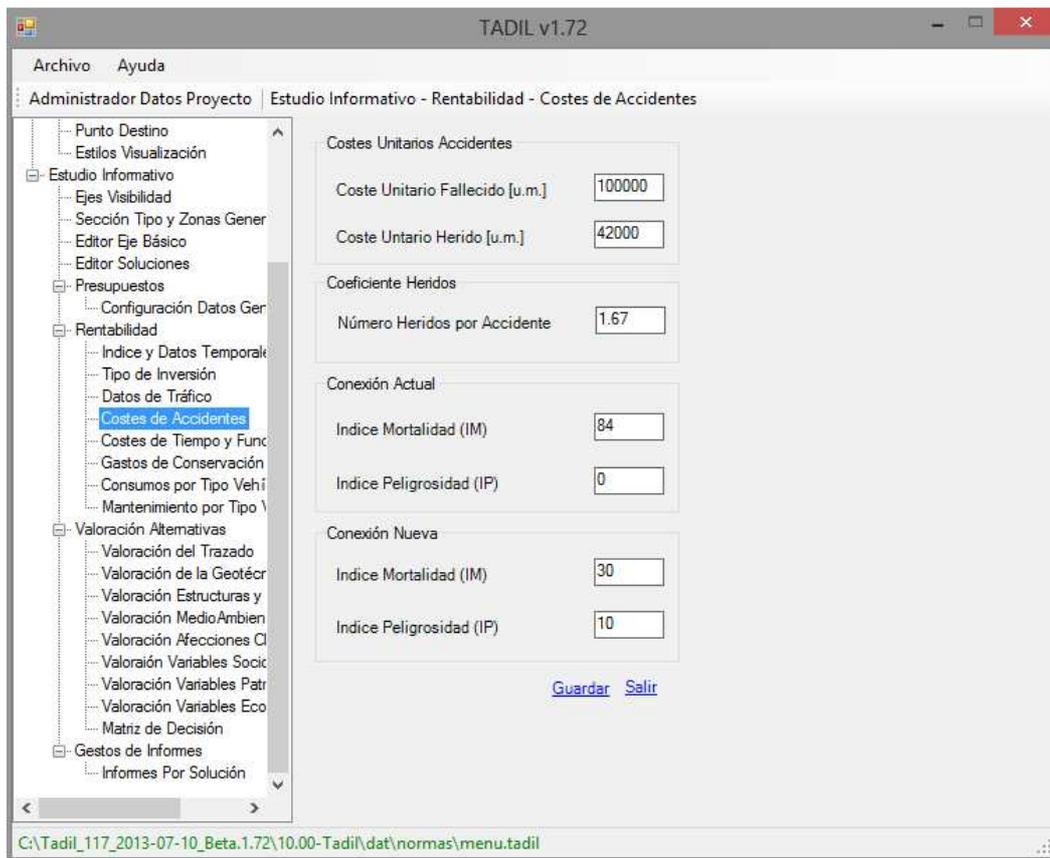


Imagen 5-5. Menú de introducción de datos para cálculo de costes de accidentes.

1.3. COSTES DE FUNCIONAMIENTO.

Los costes de funcionamiento incluyen las siguientes variables:

- Amortización del vehículo.
- Combustible.
- Lubricantes.
- Mantenimiento del vehículo.
- Neumáticos.

Todos los gastos anteriores pueden definirse según fórmulas más o menos complejas. TADIL emplea algunas de las fórmulas más usuales en el campo de la automoción. Todos los datos en cualquier caso son editables por los usuarios.

Seguidamente analizamos cada una de las variables que definen los gastos de funcionamiento.

- Amortización. Datos por km convencionales.

La amortización de los vehículos se expresa como la relación entre el precio de adquisición y los kilómetros de vida del vehículo. Valores usuales en España vienen siendo:

Veh. Ligero: 0,03 €/km

Veh pesado: 0,05 €/km

- Gastos de mantenimiento del vehículo.

El mantenimiento de un vehículo es un valor dependiente de la velocidad del tramo elegida por el usuario.

Como gastos de conservación, tenemos los siguientes:

- Frenos.
- Puesta a punto.
- Pequeñas reparaciones.

Para vehículos ligeros TADIL propone la siguiente formulación tradicional en automoción:

$$CPK = 0,1034 \cdot V^{-0,44} \text{ (€/km)}, \text{ siendo } V \text{ la velocidad de recorrido en km/h.}$$

Para vehículos pesados, el coste viene dado por:

$$CPK = 0,4034 \cdot V^{-0,44} \text{ (€/km)}, \text{ siendo } V \text{ la velocidad de recorrido en km/h.}$$

- Gastos de combustible

Los gastos de combustible también dependen del factor velocidad.

Se suelen asumir los siguientes valores para turismos:

| Velocidad (km/h) | Consumo combustible |
|------------------|---------------------|
| | Consumo c.c./km |
| 20 | 700,0000 |
| 30 | 675,0000 |
| 40 | 660,0000 |
| 50 | 680,0000 |
| 60 | 725,0000 |
| 70 | 750,0000 |
| 80 | 800,0000 |
| 90 | 850,0000 |
| 100 | 900,0000 |

Tabla 5-1. Ejemplo de datos de consumo de combustible por vehículos pesados

Para vehículos pesados:

| Velocidad (km/h) | Consumo combustible |
|---------------------|------------------------|
| | Consumo c.c./km |
| 20 | 166,5000 |
| 30 | 146,3500 |
| 40 | 132,3200 |
| 50 | 127,1000 |
| 60 | 124,5700 |
| 70 | 129,2000 |
| 80 | 140,4000 |
| 90 | 154,5100 |
| 100 | 178,3200 |

Tabla 5-2. Ejemplo de datos de consumo de combustible por vehículos ligeros.

El usuario podrá editar los datos anteriores en función de su experiencia y conocimientos.

El precio del combustible varía de unos países a otros y presenta grandes oscilaciones a lo largo del año.

- Gastos de lubricante

Los gastos de lubricantes también dependen de la velocidad del vehículo.

Las fórmulas que propone TADIL son las siguientes:

A) TURISMOS

$$CPK = 0,012 \cdot C \cdot PA$$

Siendo:

CPK = Coste de aceite por km. en turismos

C = Consumo de gasolina en litros

PA = Precio de lubricante

B) CAMIONES

$$CPK = 0,008 \cdot C \cdot PA$$

Siendo:

CPK = Coste de aceite por km. en camiones

C = Consumo de gas-oil en litros

PA = Precio de lubricante

Cabe indicar que tanto en el caso de combustible como en el caso de lubricantes el usuario debería considerar costes sin impuestos, ya que en el estudio de rentabilidad social se considera que tales impuestos revierten al estado que es partícipe junto con los usuarios del beneficio de la construcción de la infraestructura.

- Neumáticos

Viene considerándose

Turismos: 0,00875 €/km.

Camiones: 0,06 €/km.

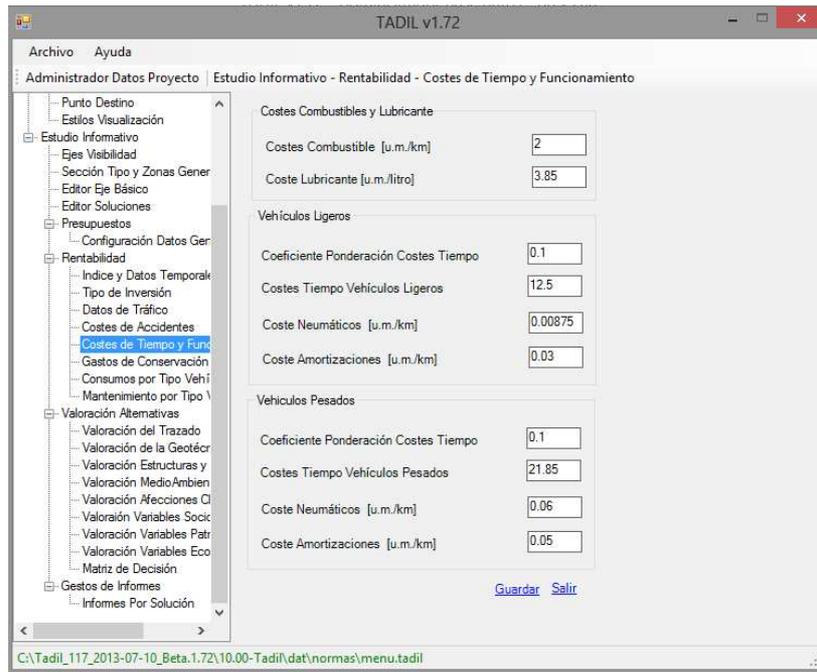


Imagen 5-6. Menú de introducción de datos de coste de funcionamiento y tiempo

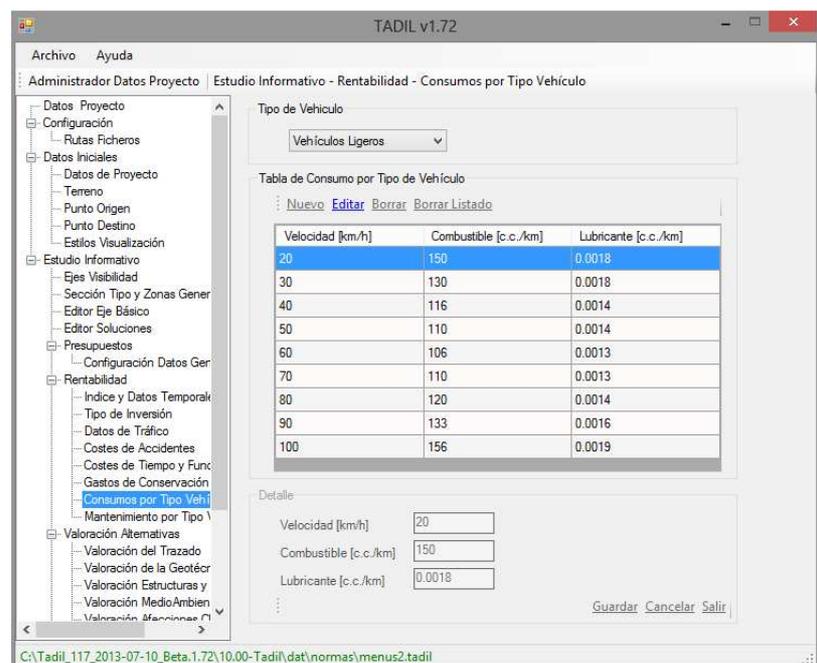


Imagen 5-7. Menú de configuración de tablas de costes de funcionamiento para vehículos ligeros

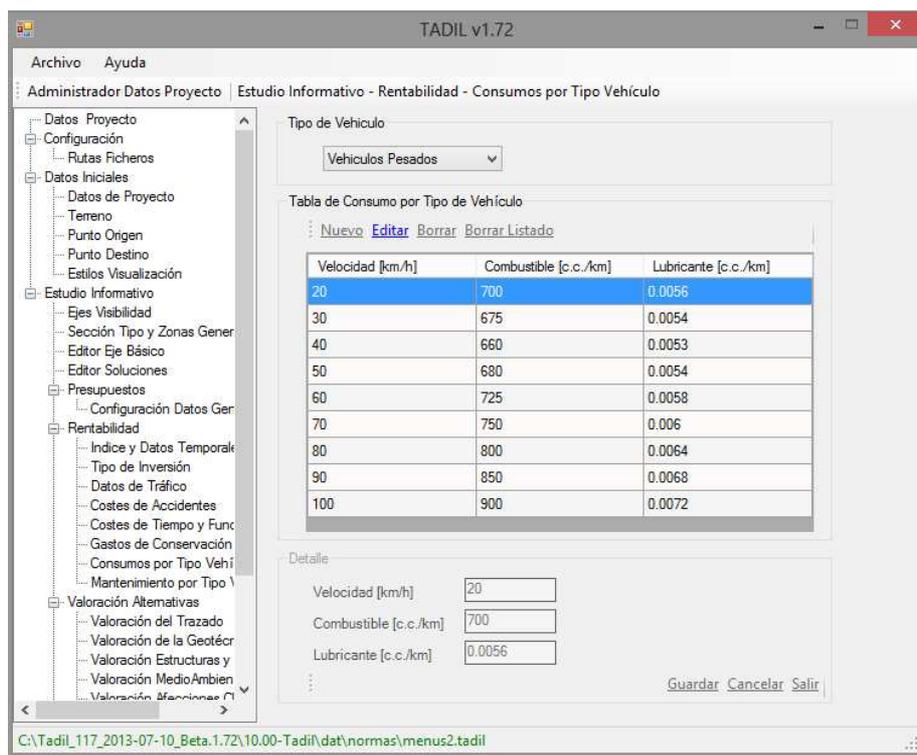


Imagen 5-8. Menú de configuración de tablas de costes de funcionamiento para vehículos pesados

1.4. COSTES DE TIEMPO.

La disminución del tiempo de recorrido es el aspecto más relevante de la serie de beneficios generado por un nuevo trazado, pudiendo alcanzar, en ocasiones, entre el 70 y el 80 % de tales beneficios.

La expresión del coste es para cada alternativa la siguiente:

$$CPT = T \cdot P,$$

siendo

CPT = coste por tiempo del tramo

T = Tiempo de recorrido del tramo, en horas

P = Valor del tiempo en €/h.

El tiempo invertido en un trayecto dado se obtiene de la siguiente expresión:

$$T = L/V,$$

donde

T = tiempo de recorrido del tramo, en horas

L = longitud del tramo, en km.

V = velocidad media del vehículo, en km/h

Tradicionalmente en España se han venido tomando valores de:

Veh ligero: 12,75 €/h.

Veh. pesado: 21,85 €/h.

Aunque ya se encuentran desfasados. El usuario indicará el valor que estime en base a su conocimiento y experiencia del mercado en el que se encuentre la infraestructura.

Además TADIL incorpora un coeficiente de ponderación del coste de vehículos ligeros, de tal forma que si lo consideramos 0, entendemos que no es atribuible un beneficio cuantificable por el ahorro en tiempo para los vehículos ligeros y sólo por tanto, sería considerable para los vehículos pesados, dónde con certeza sabemos que se produce el desempeño de una labor profesional, en este caso, de transporte. Este coeficiente con valores entre 0 y 1, corresponderá a considerar que sólo una determinada fracción de usuarios de vehículos ligeros lo hace en el desempeño de una labor profesional. Así por ejemplo, no será lo mismo, un usuario en fin de semana que usa la infraestructura para ir a la playa en su tiempo libre, que un usuario comercial o representante que se dirige a su centro de negocios para desarrollar su labor profesional, y con un valor asignado por hora en función de su salario o producción. En cualquier caso, tradicionalmente la mayoría de estudios de rentabilidad han venido considerando este coeficiente con valor 1, entendiendo que la inmensa mayoría de usuarios "estarían dispuestos a pagar" por reducir el tiempo de recorrido, hasta al menos un valor T·P.

Con este coeficiente para los vehículos ligeros el coste de tiempo se expresaría de la siguiente manera:

$$CPT = T \cdot P \cdot R,$$

siendo

CPT = coste por tiempo del tramo

T= Tiempo de recorrido del tramo, en horas

P= Valor del tiempo en €/h.

R= Ponderación del coste de vehículos ligeros.

1.5. PONDERACIÓN DE COSTES.

Consiste en obtener el valor medio por kilómetro de los costes de funcionamiento y tiempo considerando el reparto entre vehículos pesados y ligeros.

Conocidos los costes de transporte y conocido el porcentaje de vehículos pesados en la carretera la ponderación de costes se hace de la siguiente manera:

$$C = CVL \cdot PVL + CVP \cdot PVP,$$

siendo:

CVL: costes de los vehículos ligeros.

PVL: porcentaje en tanto por uno de vehículos ligeros.

CVP: costes de los vehículos pesados.

PVP: porcentaje en tanto por uno de vehículos pesados.

Seguidamente aportamos un ejemplo de cálculo.

Ponderación de costes de vehículos ligeros y pesados

Ponderación costes de tiempo veh. ligeros 0,5

Costes de tiempo veh. Ligeros 12,75 €/h

Costes de tiempo veh. pesados 21,85 €/h

Coste combustible 0,75 €/l

Coste lubricante 3,84 €/l

Porcentaje de vehículos pesados 3 %

VEHICULOS LIGEROS

| Velocidad (km/h) | Consumo combustible | | Consumo lubricantes | | Coste neumáticos y amortización | Costes conservación | Total costes | Costes de tiempo | Total costes con tiempo |
|------------------|---------------------|--------------|---------------------|--------------|---------------------------------|---------------------|--------------|------------------|-------------------------|
| | Consumo c.c./km | Consumo €/km | Consumo c.c./km | Consumo €/km | Consumo €/km | Consumo €/km | €/km | €/km | €/km |
| 20 | 150,0000 | 0,1125 | 0,0018 | 0,00691 | 0,0388 | 0,0277 | 0,1858 | 0,3188 | 0,5046 |
| 30 | 130,0000 | 0,0975 | 0,0016 | 0,00599 | 0,0388 | 0,0232 | 0,1654 | 0,2125 | 0,3779 |
| 40 | 116,0000 | 0,0870 | 0,0014 | 0,00535 | 0,0388 | 0,0204 | 0,1515 | 0,1594 | 0,3109 |
| 50 | 110,0000 | 0,0825 | 0,0013 | 0,00507 | 0,0388 | 0,0185 | 0,1448 | 0,1275 | 0,2723 |
| 60 | 106,0000 | 0,0795 | 0,0013 | 0,00488 | 0,0388 | 0,0171 | 0,1402 | 0,1063 | 0,2465 |
| 70 | 110,0000 | 0,0825 | 0,0013 | 0,00507 | 0,0388 | 0,0159 | 0,1423 | 0,0911 | 0,2333 |
| 80 | 120,0000 | 0,0900 | 0,0014 | 0,00553 | 0,0388 | 0,0150 | 0,1493 | 0,0797 | 0,2290 |
| 90 | 133,0000 | 0,0998 | 0,0016 | 0,00613 | 0,0388 | 0,0143 | 0,1589 | 0,0708 | 0,2297 |
| 100 | 156,0000 | 0,1170 | 0,0019 | 0,00719 | 0,0388 | 0,0136 | 0,1766 | 0,0638 | 0,2403 |

VEHICULOS PESADOS

| Velocidad (km/h) | Consumo combustible | | Consumo lubricantes | | Coste neumáticos y amortización | Costes conservación | Total costes | Costes de tiempo | Total costes con tiempo |
|------------------|---------------------|--------------|---------------------|--------------|---------------------------------|---------------------|--------------|------------------|-------------------------|
| | Consumo c.c./km | Consumo €/km | Consumo c.c./km | Consumo €/km | Consumo €/km | Consumo €/km | €/km | €/km | €/km |
| 20 | 700,0000 | 0,5250 | 0,0056 | 0,02150 | 0,1100 | 0,1080 | 0,7645 | 1,0925 | 1,8570 |
| 30 | 675,0000 | 0,5063 | 0,0054 | 0,02074 | 0,1100 | 0,0903 | 0,7273 | 0,7283 | 1,4566 |
| 40 | 660,0000 | 0,4950 | 0,0053 | 0,02028 | 0,1100 | 0,0796 | 0,7049 | 0,5463 | 1,2511 |
| 50 | 680,0000 | 0,5100 | 0,0054 | 0,02089 | 0,1100 | 0,0721 | 0,7130 | 0,4370 | 1,1500 |
| 60 | 725,0000 | 0,5438 | 0,0058 | 0,02227 | 0,1100 | 0,0666 | 0,7426 | 0,3642 | 1,1068 |
| 70 | 750,0000 | 0,5625 | 0,0060 | 0,02304 | 0,1100 | 0,0622 | 0,7578 | 0,3121 | 1,0699 |
| 80 | 800,0000 | 0,6000 | 0,0064 | 0,02458 | 0,1100 | 0,0587 | 0,7932 | 0,2731 | 1,0664 |
| 90 | 850,0000 | 0,6375 | 0,0068 | 0,02611 | 0,1100 | 0,0557 | 0,8293 | 0,2428 | 1,0721 |
| 100 | 900,0000 | 0,6750 | 0,0072 | 0,02765 | 0,1100 | 0,0532 | 0,8658 | 0,2185 | 1,0843 |

PONDERACION

| Velocidad (km/h) | Consumo combustible | | Consumo lubricantes | | Coste neumáticos y amortización | Costes conservación | Total costes | Costes de tiempo | Total costes con tiempo |
|------------------|---------------------|--------------|---------------------|--------------|---------------------------------|---------------------|--------------|------------------|-------------------------|
| | Consumo c.c./km | Consumo €/km | Consumo c.c./km | Consumo €/km | Consumo €/km | Consumo €/km | €/km | €/km | €/km |
| 20 | 166,5000 | 0,1249 | 0,0019 | 0,00735 | 0,0409 | 0,0301 | 0,2032 | 0,3420 | 0,5452 |
| 30 | 146,3500 | 0,1098 | 0,0017 | 0,00643 | 0,0409 | 0,0252 | 0,1822 | 0,2280 | 0,4102 |
| 40 | 132,3200 | 0,0992 | 0,0015 | 0,00579 | 0,0409 | 0,0222 | 0,1681 | 0,1710 | 0,3391 |
| 50 | 127,1000 | 0,0953 | 0,0014 | 0,00554 | 0,0409 | 0,0201 | 0,1619 | 0,1368 | 0,2986 |
| 60 | 124,5700 | 0,0934 | 0,0014 | 0,00541 | 0,0409 | 0,0186 | 0,1583 | 0,1140 | 0,2723 |
| 70 | 129,2000 | 0,0969 | 0,0015 | 0,00561 | 0,0409 | 0,0173 | 0,1607 | 0,0977 | 0,2584 |
| 80 | 140,4000 | 0,1053 | 0,0016 | 0,00610 | 0,0409 | 0,0163 | 0,1686 | 0,0855 | 0,2541 |
| 90 | 154,5100 | 0,1159 | 0,0018 | 0,00673 | 0,0409 | 0,0155 | 0,1790 | 0,0760 | 0,2550 |
| 100 | 178,3200 | 0,1337 | 0,0020 | 0,00780 | 0,0409 | 0,0148 | 0,1972 | 0,0684 | 0,2656 |

Tabla 5-3. Ejemplo de ponderación de costes de vehículos ligeros y pesados

1.6. GASTOS DE EXPLOTACIÓN, CONSERVACIÓN DE LA CARRETERA, SEGUROS, PEAJES Y SUBVENCIONES.

- Gastos de conservación

Para la valoración de los costes de conservación y mantenimiento de la carretera, se consideran valores comunes en contratos de conservación de carreteras y de mantenimiento de la administración con empresas privadas concesionarias; estos valores dependerán del tipo de infraestructura, del país y administración que se considere; como ejemplo, en España se han venido considerando valores similares a los siguientes para carreteras de titularidad autonómica:

- Costes de conservación y mantenimiento: 1.800,00 €/km y año.
- Costes de rehabilitación: 12.000,00 €/km cada 10 años.

Los costes de conservación se imputan anualmente, y los de rehabilitación cada 10 años.

TADIL considera que en el primer año de explotación de la nueva infraestructura cuando se mantenga la infraestructura preexistente, se procederá a la rehabilitación de esta última, aprovechando que la mayor parte del tráfico se trasvasará a la nueva conexión. Por consiguiente en el primer año de explotación la administración soportará gastos de rehabilitación de la antigua carretera. Los siguientes nueve años serán de conservación y mantenimiento de la antigua conexión y al décimo nuevamente de rehabilitación y así sucesivamente cada ciclo de diez años.

Considerando que la inversión puede ser pública o privada de la nueva infraestructura, y que la carretera existente puede mantenerse o eliminarse serán posibles las siguientes combinaciones:

- Que la promoción de la nueva infraestructura sea privada y se mantenga la conexión antigua:

En este caso la administración no tendrá que mantener la nueva infraestructura ni rehabilitarla pero sí la antigua que será rehabilitada en el primer año de explotación de la nueva.

- Que la promoción de la nueva infraestructura sea privada y no se mantenga la conexión antigua:

En este caso la administración no tendrá que considerar coste alguno de rehabilitación y mantenimiento.

- Que la promoción de la nueva infraestructura sea pública y se mantenga la antigua conexión:

En este caso la administración correrá con los gastos de conservación y mantenimiento de la nueva y de la antigua conexión. Pero, *ojo, muy importante es recordar, que en el primer año de explotación en la carretera antigua los gastos serán de rehabilitación mientras que en la nueva serán de mantenimiento*; los ciclos de diez años se respetarán en ambos casos.

- Que la promoción de la nueva infraestructura sea pública y no se mantenga la antigua conexión:

En este caso la administración correrá con los gastos de conservación y mantenimiento de la nueva conexión solamente. En el primer año los gastos serán de mantenimiento.

Para inversiones parcial o completamente privadas TADIL siempre considerará que los gastos de explotación de la nueva infraestructura serán acometidos por el promotor privado.

Estos aspectos son fundamentales para la obtención de los balances anuales de la explotación y por tanto para obtener los ratios de rentabilidad.

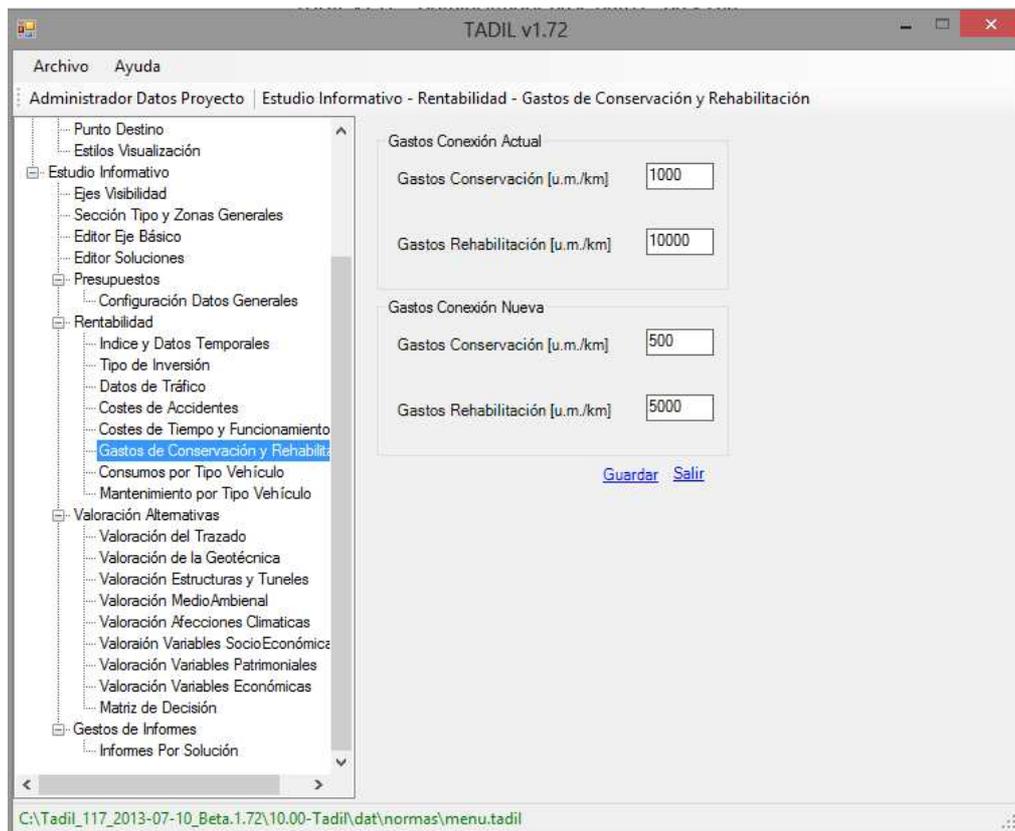


Imagen 5-9. Menú de introducción de gastos de mantenimiento y rehabilitación

- Gastos de explotación

En el caso de que se establezca una concesión privada de la explotación, para el estudio económico de la rentabilidad empresarial de la inversión, deberán considerarse los costes derivados de dicha explotación. Estos costes derivan del siguiente esquema de organización:

Gerencia y administración de la concesión:

Personal: gerente, administrativos y jefe de contabilidad.

Costes: oficinas, vehículo, mantenimiento y limpieza.

Control de acceso y cobros:

Personal: empleados en los puestos de peaje, técnico de mantenimiento.

Costes: mantenimiento y limpieza de puestos de cobro. Alquiler de nave.

Un ejemplo real de costes de explotación por año considerado para un estudio de rentabilidad desarrollado en el año 1997 y convertido a euros es el siguiente:

Personal en puestos de cobro: $50 \times 11.000,00 \text{ €} = 550.000,00 \text{ €} / \text{año}$

Gerente: 42.000,00 € / año.

Jefe de contabilidad: 25.000,00 € / año.

Administrativos: $2 \times 12.000,00 \text{ €} = 24.000,00 \text{ €}$.

Oficina: 7.000,00 € / año.

Vehículos: $20.000 \times 2 / 10 = 4.000,00 \text{ €} / \text{año}$

Limpieza: 6.000,00 € / año.

Técnico de mantenimiento: 30.000,00 € / año.

Nave: 7.000,00 € / año.

Gastos generales: 25.000,00 €/año.

TOTAL: 720.000 € / año.

Puestos de trabajo directos creados: 55.

- Seguros.

En los estudios de rentabilidad de la opción de gestión privada se ha considerado, además, la posibilidad de considerar los costes relativos a la contratación de un seguro general de accidentes a favor de los usuarios de la carretera, de tal forma que el pago del peaje conlleve la contratación del correspondiente seguro de vida y/o invalidez, independientemente de los seguros privados que el usuario tenga contratados. Esta opción, no es frecuente en la gestión de peajes de muchos países, aunque se empleen en algunos países de la Unión Europea, y supone una mejora de las prestaciones por el uso de la carretera.

El gasto de este seguro será por cuenta del promotor privado.

- Peaje.

Es un coste en el análisis de rentabilidad social, pero un ingreso en el análisis de rentabilidad privada. El coste total se obtiene multiplicando el total de vehículos por la tarifa del peaje.

- Subvención estatal.

Para opciones público-privadas el pago suele hacerse por año, según un valor definido en contrato o actualizable por IPC. Ese valor será el ingreso anual de la empresa concesionaria.

En dicho caso además podría haber peaje por vehículo o no haberlo.

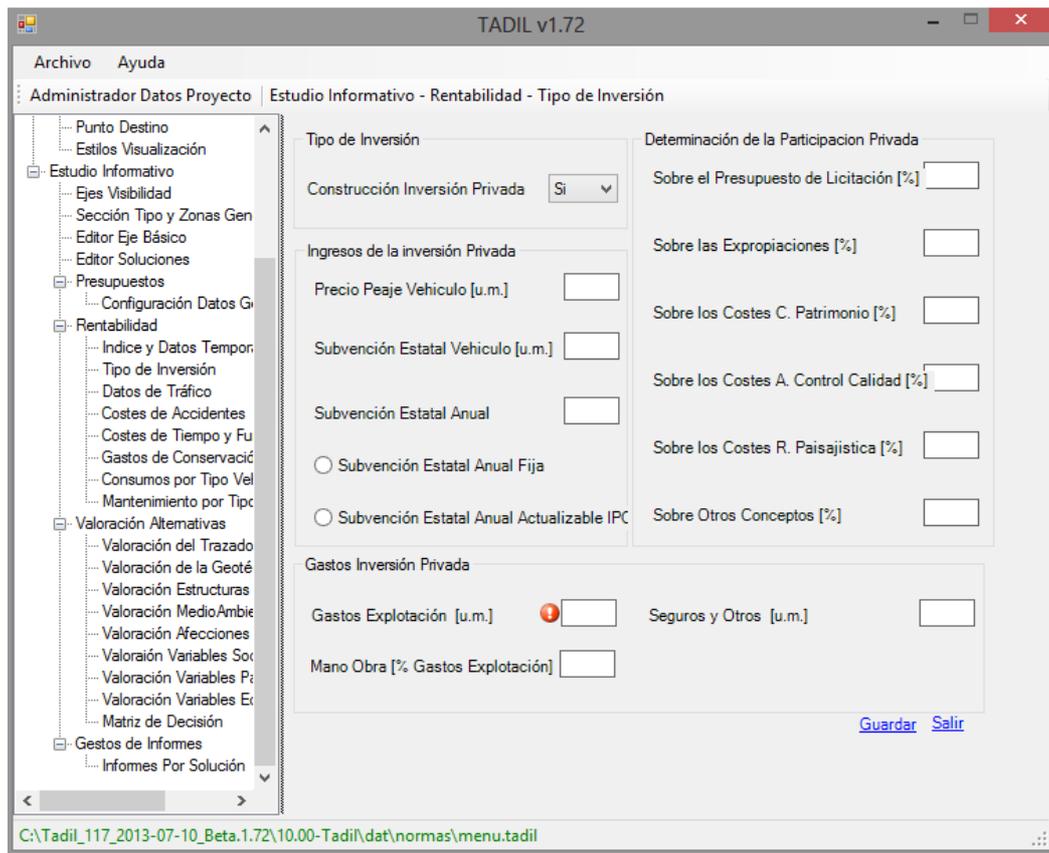


Imagen 5-10. Menú de introducción de datos inherentes al tipo de inversión

1.7. Estudios de rentabilidad

1.7.1. LA TASA DE ACTUALIZACIÓN, EL IPC Y EL COEFICIENTE DE REVISIÓN DE PRECIOS.

Para desarrollar el estudio de rentabilidad consideramos tres datos: tasa de actualización, el IPC y el coeficiente de revisión de precios de la construcción.

La tasa de actualización tiene en cuenta la actualización del dinero en el tiempo.

La tasa de actualización pretende decirnos el valor del negocio poniendo el valor del dinero en el momento actual; así no es lo mismo ganar 1000 euros en el año 2012, que 1000 euros dentro de 20 años, cuando seguramente su valor será muy inferior. El valor de esos 1000 euros ganados dentro de 20 años lo obtendremos dividiendo 1000 entre la tasa de actualización elevada a la potencia de 20.

A modo práctico algunos economistas obtienen el valor de la tasa de actualización con el interés de la deuda pública a largo plazo. Así si la deuda está al 6% a 10 años, tenemos una T.A. de 0,06 (6%).

La tasa IPC: tiene en cuenta la revalorización de precios y costes.

El coeficiente de revisión de precios, CRP, de la construcción será de aplicación a los costes de construcción y demás gastos asociados, (medidas compensatorias, conservación de patrimonio y restauración paisajística), para aquellas obras con una duración superior a un año. El coeficiente de revisión se compone de los valores de IPC de los materiales, mano de obra y energía, empleados en la obra, por lo que el usuario deberá hacer una estimación de su valor. Estos valores son por lo general publicados por las administraciones públicas en sus boletines.

El usuario antes de introducir los datos para el estudio de rentabilidad debe considerar los valores y momentos de aplicación de cada coeficiente:

- la **tasa de actualización** se aplicará desde el primer año de construcción de la infraestructura hasta el final del período de explotación considerado en el estudio de rentabilidad. La razón está en que en el momento de hacer el estudio de rentabilidad el promotor tendrá la opción de invertir en la nueva infraestructura o alternativamente en una imposición a interés fijo como alternativa con la que comparar. Si suponemos un mínimo de un año para iniciar la construcción desde que hace el estudio, cuando inicie la inversión ya habrá descontado la tasa de actualización con el interés que habría obtenido en la inversión alternativa, $(1+TA)$.

- por el contrario el inversor deberá prever unos gastos e ingresos a unos precios estimados para el primer año de explotación, es decir, una vez finalizada la obra. Por ello en el estudio no aplicará el **IPC** hasta el segundo año de explotación a todos los gastos e ingresos y hasta el final del período de explotación considerado.

- finalmente el **coeficiente de revisión de precios** se aplicará desde el segundo año de construcción hasta el último año con la finalización de la obra; el usuario deberá hacer una estimación en base a su conocimiento de los ratios económicos del país en el que se estudia la infraestructura. Este coeficiente sólo se aplicará a los costes de obra "propriadamente dichos", es decir, al Presupuesto de Conocimiento de la Administración menos las expropiaciones, y con las cantidades sin IVA.

Resumiendo:

TASA DE ACTUALIZACIÓN: se aplica $(1+TA)$ desde el primer año de la construcción de la infraestructura y en los años siguientes tendrá el valor $(1+TA)^n$, siendo n el número de años transcurridos desde el inicio de la construcción. El valor máximo de n será la suma de los años necesarios para la construcción más los años de explotación, $(n=t+m)$.

TASA DE IPC: se aplica a partir del segundo año de explotación de la infraestructura; en cada año de explotación el valor será $(1+IPC)^{m-1}$, siendo m el número de años transcurridos desde el inicio de la explotación.

COEFICIENTE DE REVISIÓN DE PRECIOS: se aplica desde el segundo año de construcción hasta el último; en cada año de construcción el valor será $(1+CRP)^{t-1}$, siendo t el número de años transcurridos desde el inicio de la obra y con valor máximo el número de años previstos de obra.

1.7.2. IVA ó VAT.

Para obtener los balances anuales de costes e ingresos no se tendrá en cuenta el IVA de ingresos o gastos.

1.7.3. CÁLCULO DE LA RENTABILIDAD PRIVADA.

El cálculo se realizará cuando el usuario haya seleccionado "Sí" en la casilla "construcción inversión privada".

De esta forma el usuario deberá indicar el porcentaje de asunción de costes de la inversión según el convenio que haya suscrito con la administración pública; en particular sobre los siguientes conceptos:

- presupuesto de licitación.
- expropiaciones.
- costes de conservación del patrimonio.
- costes adicionales de control de calidad.
- costes de restauración paisajística.
- otros, (medidas compensatorias, p.ej.).

Las posibilidades al respecto son múltiples y las experiencias internacionales en la concesión público-privada también. Así algunas administraciones exigen que la totalidad de la inversión sea llevada a cabo por el inversor privado, con la excepción de las expropiaciones; en otras sólo el coste de construcción es asumido por el inversor, etc...

Seguidamente resumimos los pasos que sigue TADIL para calcular los ratios de rentabilidad:

A. Determinación de los valores de tráfico.

Es muy importante que el usuario haya desarrollado previamente un estudio de tráfico objetivo. Cabe destacar que este se ha demostrado como el factor más determinante de los principales fracasos en la explotación privada de carreteras. Antecedentes de altos crecimientos de tráfico deben ser analizados con una visión pesimista o al menos con un análisis realista de riesgos.

Los datos de tráfico que el usuario deberá indicar son:

- IMD prevista para el año de puesta en servicio de la explotación.
- el porcentaje de crecimiento anual previsto, (TC) constante respecto del año inicial. Esta tasa será constante año a año por lo que el tráfico en cada año será:

$$IMD_{\text{año } m} = IMD_{\text{año } 1 \text{ explot}} + IMD_{\text{año } 1 \text{ explot}} \times TC \times (m-1) \times 0,01$$

En futuras versiones TADIL dará la opción de introducir los valores de tráfico total año a año según la predicción que haya hecho el usuario.

- Absorción vehículos por la nueva infraestructura, (Ab IMD): suponemos una variación lineal entre el año origen y el final. El usuario indicará el valor en el año origen de la explotación y en el año final. Lo normal será que al principio si la infraestructura es mucho mejor que la antigua conexión, se produzca una absorción importante del tráfico de paso, (con la excepción del tráfico local del entorno de la carretera antigua); sin embargo, si se produce un importante crecimiento del tráfico y por tanto empeoran los niveles de servicio en la nueva infraestructura, a partir de un período determinado de tiempo, muchos usuarios decidirán volver a usar la conexión antigua; según lo anterior los porcentajes de absorción del tráfico por la nueva infraestructura serán muy altos al principio y descenderán al final del período de explotación.

En futuras versiones TADIL dará la opción de introducir los valores de absorción de tráfico año a año, (Ab IMD_m), según la predicción que haya hecho el usuario.

TADIL calcula los valores de IMD en la nueva conexión y en la antigua a partir de la puesta en servicio de la infraestructura, en cada uno de los años de explotación.

B. Número de años. Se especifican los siguientes valores:

- Construcción: TADIL reparte el coste de inversión en los años indicados por el usuario necesarios para la construcción de la infraestructura.
- Explotación: se consideran los años de estudio indicados por el usuario.

C. TADIL calcula el índice de IPC actualizado y los CRP. El primer año de explotación el IPC será 1, y a partir de aquí se consideran valores de $(1+IPC)^{m-1}$, siendo m los años transcurridos de explotación. Por su parte los gastos de construcción serán afectados por el valor del coeficiente de revisión de precios. El primer año de construcción el valor será 1 y el resto los costes de construcción serán afectados por el valor $(1+CRP)^{t-1}$.

D. TADIL considera los costes de construcción repartidos en los años de construcción dados por el usuario. TADIL considera el presupuesto para conocimiento de la administración desglosado y le aplica los porcentajes

dados por el usuario de asunción de costes por el promotor privado, para obtener el coste de inversión que va a acometer, antes de dividir por el número de años.

E. TADIL considera los gastos de conservación y mantenimiento, (CM), dados por el usuario cada año, y cada 10 años los gastos de rehabilitación, que debe acometer el promotor privado de la nueva infraestructura. Del primer al noveno año los gastos serán de mantenimiento, y el décimo de rehabilitación, y así cada diez años.

Los gastos totales de conservación y mantenimiento se obtienen año a año multiplicando por la longitud total de la nueva infraestructura.

F. TADIL posteriormente introduce los costes de explotación, (CE)

G. TADIL también considera los costes del contrato de seguro, cuando existan, (CS)

H. Posteriormente TADIL pasa a sumar todos los costes en cada año:

$$C_m = (CM_m) + (CE_m) + (CS_m).$$

I. TADIL multiplica cada año por el factor de IPC actualizado $C_{mR} = (C_m) \times (1 + IPC)^{m-1}$

J. Conocidos los costes TADIL pasa a calcular los ingresos, (I), que son la Subvención anual por la construcción de la infraestructura (IS), los ingresos de peaje (IP) y la subvención por vehículo, (IV). Los ingresos anuales por peaje y por subvención por vehículo se obtienen multiplicando el tráfico absorbido, (Ab IMD), por 365 días y por los valores de peaje y subvención estatal:

$IP_m + IV_m = (Ab \text{ IMD}_m) \times 365 \times (P + S)$, donde P es el valor de la tarifa de peaje en unidades monetarias sin IVA y S es la subvención que otorga la administración al concesionario por vehículo.

$$I_m = IS_m + IP_m + IV_m$$

Lo normal será que no coexistan ambas formas de subvención, (IS) e (IV), debiendo establecerse en el contrato con el concesionario la modalidad de subvención.

K. El usuario habrá indicado si la subvención anual por la construcción de la infraestructura (IS), y la subvención por vehículo, tiene un valor fijo anual o actualizable por IPC. En determinados contratos de concesión público-privada se establecen valores fijos no revisables, motivo por el que se ha contemplado en el software TADIL esta posibilidad.

Cuando la cuota de subvención anual, (IS), sea fija TADIL no aplicará la actualización del ingreso por IPC. De la misma forma ocurrirá con la subvención por vehículo.

Los valores de peaje se consideran siempre actualizables por el IPC.

Así los ingresos totales anuales actualizados por el IPC serán:

$$I_{mR} = (1 + IPC)^{m-1} \times (IP_m) + (IS_m + IV_m), \text{ cuando la subvención sea constante.}$$

ó

$$I_{mR} = (1 + IPC)^{m-1} \times (IP_m + IV_m + IS_m), \text{ cuando la subvención sea actualizable por IPC.}$$

L. El valor neto, (VN) es la diferencia entre los ingresos totales en cada año y los costes afectados por el valor del IPC:

$$(1 + IPC)^{m-1} \times (IP_m) + (IS_m + IV_m) - (C_m) \times (1 + IPC)^{m-1}, \text{ o bien:}$$

$$(1 + IPC)^{m-1} \times (IP_m + IV_m + IS_m) - (C_m) \times (1 + IPC)^{m-1}$$

M. TASA DE ACTUALIZACIÓN, (TA). Calculamos año a año, el valor desde el primer año de construcción.

$TA_n = (1 + (TA))^n$, donde TA es el porcentaje de actualización dado por el usuario y n son los años transcurridos desde el inicio de las obras.

N. SE CALCULAN LOS COSTES ACTUALIZADOS, Y LOS INGRESOS ACTUALIZADOS, dividiendo por el valor obtenido de (TA).

$$I_{mA} = I_{mR} / (1 + (TA))^n$$

$$C_{mA} = C_{mR} / (1 + (TA))^n$$

O. OBTENEMOS VALORES ACUMULADOS DE LOS INGRESOS, $(\sum I_{mA})$, y DE LOS COSTES, $(\sum C_{mA})$.

P. Para el último año de explotación el VAN se obtiene como sigue:

$$VAN = (\sum I_{mA}) - (\sum C_{mA})$$

Y la relación beneficio coste, B/C:

$$B/C = (\sum I_{mA}) / (a \sum C_{mA})$$

El Período de Recuperación de la Inversión **PRI** quedará marcado por el primer año en el que $(\sum I_{mA}) = (\sum C_{mA})$

Finalmente el valor de la Tasa Interna de Retorno será el valor del coeficiente de actualización en el que al final del período de explotación se igualan los costes a los ingresos.

$$(\sum I_{m+tA}) = (\sum C_{m+tA}), \text{ es decir:}$$

$$(\sum I_{nA}) = (\sum C_{nA}),$$

$$\sum I_{nA} = \sum I_n / (1 + (TIR))^n = \sum C_{nA} = \sum C_n / (1 + (TIR))^n$$

1.7.4. RENTABILIDAD GENERAL O SOCIAL.

La rentabilidad general o social, mide los beneficios que obtienen los usuarios de la carretera y la administración en general por la construcción de la nueva vía ya sea de promoción privada o pública. En el apartado anterior hemos analizados los resultados de la inversión desde el punto de vista meramente empresarial y privado, pero ahora la valoración de costes e ingresos pretende medir las ventajas de los usuarios y la administración en términos puramente económicos.

Los beneficios en este caso se obtienen comparando los costes con la OPCIÓN 0, en la que no se hace nada y se mantiene la infraestructura actual.

Es decir, una reducción en costes de cualquier tipo, por hacer la nueva conexión, será un beneficio.

Por tanto habrá que obtener los costes en ambas situaciones:

- considerando que no se hace la carretera, (opción 0).
- considerando que se hace la nueva conexión, (opción ó alternativa 1).

Veamos el procedimiento que sigue TADIL para obtener los ratios de rentabilidad social:

A. TADIL calcula los **costes de funcionamiento y tiempo** ponderados por el porcentaje de tráfico pesado tal cual se ha explicado antes, tanto para la conexión antigua como para la alternativa nueva.

Tendremos así un valor de coste de funcionamiento + tiempo por vehículo, elegido según la velocidad de la carretera, (CFT), para cada año, (CFT_m) ,

Este valor será de aplicación a la nueva conexión: $(CFT_m)_{nc}$

Para la carretera actual tendremos otro valor: $(CFT_m)_{ca}$

Si multiplicamos por el total de vehículos y por la longitud, tendremos los costes de funcionamiento y tiempo de cada infraestructura por año.

$365 \times (CFT_m)_{ca} \times IMD_m \times L_{ca}$, para la opción 0, (no se construye la nueva conexión)

y en la opción 1, tendremos la suma de los siguientes costes de funcionamiento:

$365 \times (CFT_m)_{nc} \times (Ab\ IMD_m) \times L_{nc}$

$365 \times (CFT_m)_{ca} \times (IMD_m - Ab\ IMD_m) \times L_{ca}$

La diferencia de sendos valores nos indicará el balance de la opción 1 respecto de la 0.

Balance costes de funcionamiento y tiempo: $365 \times [(CFT_m)_{ca} \times IMD_m \times L_{ca} - (CFT_m)_{nc} \times (Ab\ IMD_m) \times L_{nc} - (CFT_m)_{ca} \times (IMD_m - Ab\ IMD_m) \times L_{ca}]$

B. Costes de accidentes

De la misma forma deben haberse calculado previamente los costes de accidentes de sendas infraestructuras, considerando dos situaciones:

Opción 0: todo el tráfico por la actual conexión, $C_{Acc\ Op\ 0}$, en cada año $C_{Acc\ m\ Op\ 0}$.

Opción 1: repartiendo el tráfico entre la actual y la nueva conexión, $C_{Acc\ Op\ 1}$, en cada año $C_{Acc\ m\ Op\ 1}$,

El balance por la construcción de la nueva conexión cada año será:

$C_{Acc\ m\ Op\ 1} - C_{Acc\ m\ Op\ 0}$

C. Costes de conservación, mantenimiento y rehabilitación.

En este caso debe tenerse en cuenta si existe explotación privada o no de la nueva conexión:

Si hay explotación privada entendemos que no habrá diferencia entre tales costes antes y después de construir la nueva conexión, para la conexión actual.

$CM_{ca} \times L_{ca} + CM_{nc} \times L_{nc} = CM_{ca} \times L_{ca} \Rightarrow CM_{nc} = 0$, (los gastos de la nueva conexión los abona el concesionario).

SI no hay explotación privada los gastos de conservación y mantenimiento se incrementarán.

Tendremos: $CM_{ca} \times L_{ca} + CM_{nc} \times L_{nc}$

La diferencia entre los costes de sendas opciones será el balance.

Cuando la conexión antigua no se mantenga entonces: $CM_{ca} \times L_{ca} = 0$.

D. Gastos de construcción y subvenciones a la explotación privada.

Los porcentajes de inversión que no acometa el concesionario, deberá acometerlos el sector público; en el caso de que no exista explotación privada será el 100%.

Por su parte los costes de subvención tanto por vehículo como por año a la explotación privada serán considerados en la alternativa 1; cuando la explotación sea pública no se considerarán tales costes.

Nótese que en el cálculo de la rentabilidad privada estos costes eran considerados como ingresos:

IS, ahora pasa a ser CS, (coste de subvención anual).

IV, pasa a ser CV, (coste de subvención por vehículo).

Respecto de la aplicación de los valores de IPC cabe hacer la misma consideración que en el apartado de rentabilidad privada.

E. Costes de peaje en la explotación privada.

El coste de peaje, (CP), recaerá sobre la ciudadanía en general.

Los costes en la alternativa 1 se obtendrán multiplicando el peaje por el número de usuarios al año.

F. Beneficios por puestos de trabajo generados.

El número de empleos por el coste empresarial constituye un volumen de dinero que revierte desde la empresa privada a la sociedad de ahí que se considere como un ingreso, (IPT). Este valor se introduce en TADIL como un porcentaje de los gastos de explotación privada.

G. Balances.

Una vez aplicada la tasa de IPC año a año, pasamos a sumar los balances anteriores positivos y negativos.

H. Aplicación de la tasa de actualización.

Como en el caso de la rentabilidad privada la tasa de actualización se aplica desde el primer año de construcción a todos los balances año a año.

I. Obtención de ratios.

Se procede con la misma formulación que en el cálculo de rentabilidad privada, obteniendo el TIR, el PRI, el VAN y la relación B/C.

1.7.5. OBTENCIÓN DE LISTADOS.

TADIL permite obtener cuadros resumen de las alternativas estudiadas en las que se obtienen los ratios anteriores para cada una de ellas. También permite obtener el presupuesto de ejecución material desglosado, el presupuesto base de licitación y el presupuesto para conocimiento de la administración.

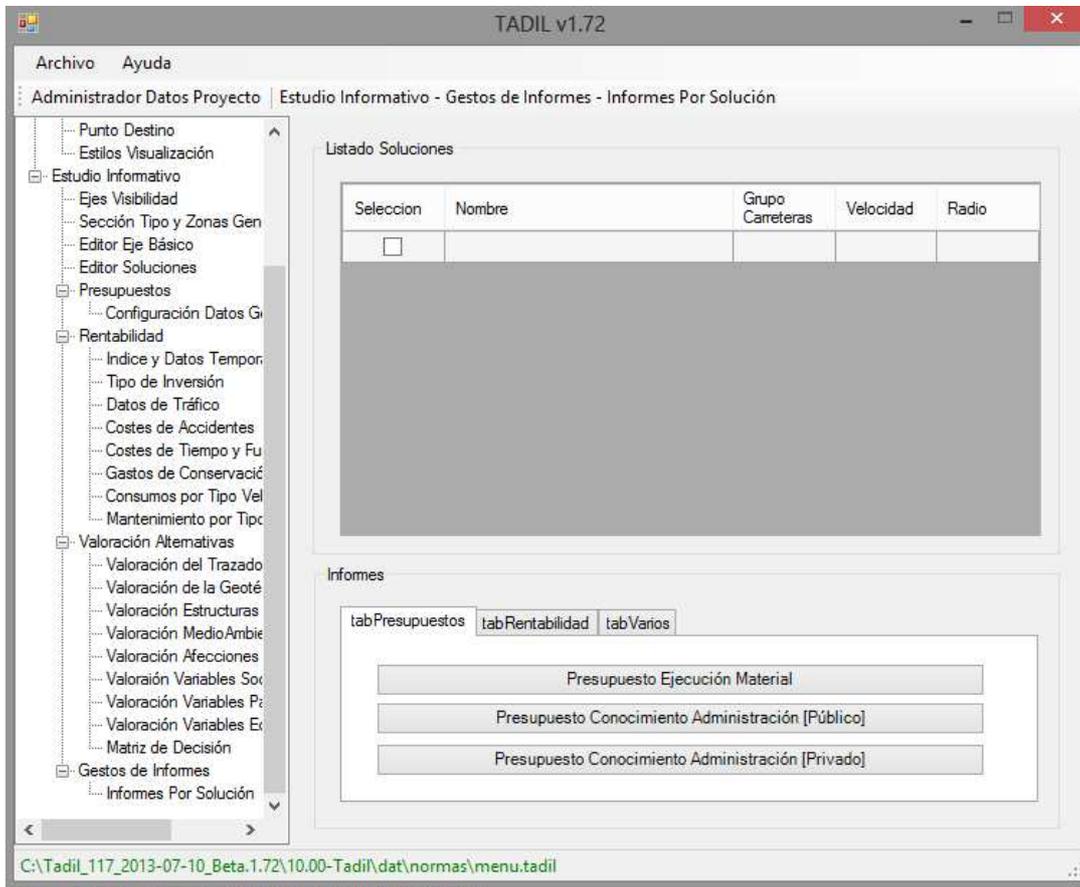


Imagen 5-11. Menú de obtención de listados de rentabilidad

SOFTWARE T.A.D.I.L.

TÉCNICAS DE AUTOTRAZADO PARA EL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURAS LINEALES. "TADIL."

CAPÍTULO 6. VALORACIÓN Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

GUÍA METODOLÓGICA DE APLICACIÓN

SOFTWARE TADIL. TÉCNICAS DE AUTOTRAZADO PARA EL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURAS LINEALES

Guía Metodológica de Aplicación

CAPÍTULO 6. VALORACIÓN Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

EDICIÓN 1.

El objetivo del presente apartado pasa por aportar al usuario una herramienta eficaz para la selección de alternativas cuando elabore estudios informativos.

Se parte del hecho de que el usuario habrá seleccionado diferentes alternativas de trazado que habrá desarrollado sobre el territorio objeto de estudio, y que conectarán los puntos de salida y destino, según los criterios que haya establecido; el usuario necesitará evaluarlas conjuntamente según diferentes criterios.

Todas y cada una de las variables con valoración subjetiva permitirán otorgar una calificación a cada alternativa y mediante la ponderación de las mismas la obtención de una nota global.

El software se desarrolla con carácter interactivo a efectos de que el usuario pueda elaborar diferentes análisis y valoraciones dando mayor o menor peso a determinados conjuntos de variables, elaborando estudio multi-análisis mediante la generación de diferentes hipótesis de ponderación de variables.

SOFTWARE TADIL

TÉCNICAS DE AUTOTRAZADO PARA EL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURAS LINEALES

CAPÍTULO 6. VALORACIÓN Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

SUB-CAPÍTULO 0. PROCEDIMIENTO.

0. Introducción.

En el presente capítulo se describe el procedimiento que se sigue para la valoración de cada alternativa seleccionada por el usuario. El usuario en el menú de trazado habrá generado y seleccionado previamente un conjunto de alternativas que habrá guardado con un nombre concreto tal y como se describe en el capítulo 7.

1. Metodología.

Cuando el usuario llega a esta fase del proyecto se entiende que el software ha generado el presupuesto y el estudio de viabilidad de cada una de las alternativas; de la misma forma es necesario que se haya completado el menú SIG con todas las valoraciones subjetivas en cada alternativa.

Con esta información TADIL pasa a valorar todas las alternativas que se agrupan en los siguientes capítulos:

- Trazado.
- Geotecnia.
- Estructuras y túneles.
- Valoración medioambiental.
- Valoración climática.
- Valoración socioeconómica.
- Valoración patrimonial.
- Viabilidad económica.

Seguidamente pasamos analizar la valoración que hace TADIL de cada una de los capítulos anteriores.

SOFTWARE TADIL

TÉCNICAS DE AUTOTRAZADO PARA EL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURAS LINEALES

CAPÍTULO 6. VALORACIÓN Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

SUB-CAPÍTULO 1. VALORACIÓN DE TRAZADO

1. Variables de trazado que se valoran.

Las variables de trazado que se valoran dentro de este capítulo son las siguientes:

- diseño de trazado en planta.
- diseño del trazado en alzado.
- tiempo de recorrido.
- volumen del movimiento de tierras.
- compensación de tierras.

Seguidamente analizamos las variables anteriores.

2. Valoración del diseño del trazado en planta.

El criterio general pasa por considerar que a mayor curvatura del trazado en planta mejor trazado. Por tanto, no se valora en sí el que existan más o menos curvas, sino por el contrario, el que el radio de curvatura de tales curvas sea más o menos amplio.

Un trazado con curvas de escaso radio por lo general será escasamente valorado por los usuarios; sin embargo, un trazado con curvaturas amplias tendrá una buena aceptación aunque el porcentaje de tramos rectos sea pequeño.

Para hacer la valoración de cada eje en planta hay que hacer la valoración conjunta de todo el trazado. Para ello habrá que diferenciar entre curvas, clotoides y rectas como sigue:

- Las curvas tendrán su radio característico, (R).
- Las rectas tienen radio infinito.
- Las clotoides tendrán en cada punto un radio variable entre el valor infinito de la recta y el valor R de la curva.

Con la aplicación de la fórmula de la clotoide, (fórmulas explícitas), tendremos el valor en cada punto:

$\rho = A^2/s$, donde A es el parámetro de la clotoide, s la longitud del arco la clotoide y ρ es la curvatura.

Cabe indicar que con el presente procedimiento se valora la calidad del trazado, no así la rapidez de recorrido que se mide como otra variable. Así una alternativa puede tener un trazado de gran valoración en planta pero que el tiempo de recorrido sea mayor que otro trazado con curvas de menor radio y peor valoración de diseño en planta.

Como trazado óptimo se considera aquel en el que el 100% del trazado tiene una curvatura superior a 2500 m.

Para valorar el trazado TADIL obtiene un listado de rectas, clotoides y curvas considerando la longitud y radio, tal y como sigue:

Curvas: se considera la longitud y el radio, (L y R).

Clotoides: para cada clotoide se procede como sigue:

a. Se obtiene la longitud de clotoide con curvatura superior a 2500, L_{2500} , según la siguiente fórmula:

$$L_{2500} = A^2 / 2500$$

b. Para el resto de la clotoide, se obtiene el radio medio por la formulación siguiente:

$$R_{\text{medio}} = A^2 [\text{Ln}(L_e) - \text{Ln}(L_{2500})] / (L_e - L_{2500})$$

donde L_e es la longitud de la clotoide y L_{2500} es la obtenida anteriormente.

Rectas: se considera que toda la alineación tiene radio superior a 2500 m.

Una vez obtenidos los datos anteriores para curvas, rectas y clotoides TADIL procede de la siguiente manera:

a. Se suman las longitudes de radio superior a 2500, (rectas, tramos de clotoide L_{2500} y curvas con radio mayor de 2500). $L_{>R2500}$.

b. Se suman ($\sum L_j$), las longitudes de tramos de radio menor de 2500, (curvas de radio menor de 2500 m y tramos de clotoide de radio menor ($L_e - L_{2500}$)). Luego se obtiene el porcentaje respecto del total del trazado, de estos segmentos con radio menor a 2500, ($P = \sum P_j$).

c. TADIL obtiene el radio medio $R_{mT < 2500}$ de los tramos con radio menor a 2500 de forma ponderada:

$$R_{mT < 2500} = \sum [L_j \times R_{mj}] / \sum L_j$$

d. De esta forma ocurrirá que el $(100 - \frac{1}{2} P)$ % del trazado tendrá un radio superior a $R_{mT < 2500}$.

e. TADIL obtiene el valor: $(100 - \frac{1}{2} P) \times R_{mT < 2500}$.

f. La puntuación de nuestra alternativa respecto del trazado óptimo, (100% con curvatura por encima de 2500 m) sería:

$$[(100 - \frac{1}{2} P) \times R_{mT < 2500}] / 250.000$$

g. TADIL compara las puntuaciones de las alternativas respecto a la de mejor puntuación a la que se le dará un 0. A mayor puntuación peor valoración.

Así para cualquier alternativa:

$$\text{Puntuación trazado en planta Alt } i = 10 - 10 \times [(100 - \frac{1}{2} P_i) \times R_{mT < 2500}] / [(100 - \frac{1}{2} P_{\text{alt mejor}}) \times R_{mT \text{ alt mejor} < 2500}]$$

3. Valoración del trazado en alzado

TADIL considera que a menor pendiente media del trazado la valoración será mejor.

Por lo general los usuarios valoran favorablemente pendientes suaves en los trazados de carreteras frente a fuertes pendientes que reducen la capacidad de los vehículos y aumentan el consumo.

TADIL hace la valoración conjunta de todo el trazado.

Para ello se procede como sigue:

- Se considera cada tramo con su longitud y su pendiente, (en valor absoluto).

- Para los acuerdos verticales la pendiente media se obtiene como sigue:

$$P_m = \text{ABS} [\text{Ln}(\cos(p_1)) + \text{Ln}(\cos(-p_2))] / (p_1 - p_2)$$

donde p_1 es la pendiente al inicio y p_2 la pendiente al final, con su signo correspondiente, (+ para pendientes hacia arriba en el sentido de avance y - para descendientes).

Posteriormente se suman todas las longitudes multiplicadas por su pendiente en valores absolutos y se divide por la longitud total de la alternativa, obteniendo la pendiente media de dicha alternativa.

A menor pendiente media mejor valoración; para obtener la diferencia entre alternativas, la de menor pendiente será de valoración 0 y las demás obtendrán su nota como sigue:

$$\text{Puntuación trazado en alzado } Alt_i = \text{MIN}(10; 10 \times [(p_{m_i} - p_{m_{\text{alt con menor pdte}}}) / p_{m_{\text{alt con menor pdte}}}.])$$

4. Tiempo de recorrido.

Posiblemente sea la variable que más valoren los usuarios de una nueva infraestructura.

Para obtener el tiempo de recorrido se procede considerando la velocidad tope admisible de un vehículo turismo de la siguiente manera:

Como velocidad máxima se considerarán las siguientes:

Grupo 1: 120 km/h, (suele corresponder a autovías y autopistas).

Grupo 2: 100 km/h, (suele corresponder a carreteras de sección única).

En las curvas se considerará la velocidad específica de la tabla V-R según grupo.

Como simplificación, TADIL considera que en las clotoides la velocidad media será la correspondiente a la semisuma de la velocidad en la curva y la velocidad en la recta, siendo también de aplicación para clotoides en S.

Así el tiempo de recorrido t será:

$$t = \sum L_{\text{rectas } i} / V_{\text{max}} + \sum L_{\text{curva } i} / V_{\text{espc } i} + \sum L_{\text{clotoide } i} / V_{\text{med clot } i}$$

Es decir en las rectas el tiempo vendrá dado por el recorrido a la velocidad máxima antes indicada, (100 ó 120), en las curvas a la velocidad específica según la tabla velocidad-radio de curvatura, y en las clotoides por la media entre la velocidad máxima y la velocidad en la curva con la que conecta.

La alternativa con menor tiempo de recorrido será la mejor y las puntuaciones de las restantes alternativas las obtiene TADIL como sigue:

$$\text{Puntuación tiempo recorrido } Alt_i = \text{MIN}(10; 10 \times [(t_i - t_{\text{alt con menor recorrido}}) / t_{\text{alt con menor recorrido}}].)$$

5. Volumen de movimiento de tierras.

El impacto de esta variable por lo general no es percibida por los usuarios si bien su importancia es máxima de cara a considerar la complejidad de la obra y por supuesto el impacto del movimiento de tierras.

Para el volumen de movimiento de tierras se sumarán las mediciones de todas las unidades de excavación, de terraplenes y saneos y de capas de asiento, ya sea de empleo procedente de la obra o de préstamo.

$$\text{Vol}_{\text{total}} = V_{\text{exc}} + V_{\text{terr/saneo}} + V_{\text{capas asiento.}}$$

Para obtener la puntuación diferencial entre alternativas, se considera la solución con menor volumen y se empleará la fórmula:

$$\text{Puntuación Volumen de tierras Alt}_i = \text{MIN} (10; 10 \times [(\text{Vol}_i - \text{Vol}_{\text{alt con menor volumen}}) / \text{Vol}_{\text{alt con menor volumen}}])$$

6. Compensación de tierras.

El volumen de tierras nos permite conocer la complejidad de la obra; sin embargo, puede ocurrir que una obra arroje un volumen relativamente bajo de movimiento de tierras, pero que en la mayoría se traten de excavaciones que se tengan que ser derivadas a vertedero o de rellenos procedentes de préstamo; lo anterior derivaría en un incremento considerable del gasto en transportes, tanto mayor cuanto más lejos se encuentren el vertedero y el préstamo.

Esta situación podría ser más desfavorable que otra obra con un volumen mayor de tierras pero donde la mayoría de rellenos y excavaciones se compensan.

Por consiguiente será necesario valorar la compensación de tierras en la obra.

TADIL considera la suma de los volúmenes de excavaciones, y obtiene el % de excavación para empleo respecto al total, (es decir sumando excavación para empleo y para vertedero). A mayor porcentaje mejor valoración.

La valoración diferencial entre alternativas se obtiene de la siguiente manera:

$$\text{Puntuación Compensación de tierras Alt}_i = 10 - 10 \times P_{\text{comp}_i} / P_{\text{comp}_{\text{alt con mayor compensación}}}.$$

7. Ponderación

Con la ponderación mediante porcentajes que sumen el 100%, el usuario puede otorgar mayor importancia a una o varias variables respecto de las demás o incluso eliminar el peso de una variable.

Así por ejemplo, cuando el trazado discorra por un ámbito geotécnico donde no sea posible el empleo de materiales, podrá asignarle un 0% a la variable "compensación de tierras".

Otro ejemplo podría tratarse del estudio de un camino rural donde el tiempo de recorrido tiene escaso interés o de la misma forma podría ocurrir con un carretera de interés paisajístico. En este caso el usuario emplearía un porcentaje muy bajo para las variables de tiempo y diseño y consideraría porcentajes más altos para volúmenes de movimiento de tierras.

Obtenida la valoración media de cada alternativa, para obtener puntuaciones comparables entre soluciones, aplicamos la siguiente formulación.

$$\text{Puntuación trazado Alt}_i = \text{MIN}(10; 10 \times [(\text{Val trazado}_i - \text{Val trazado}_{\text{alt con menor puntuación}}) / \text{Val trazado}_{\text{alt con menor puntuación}}])$$

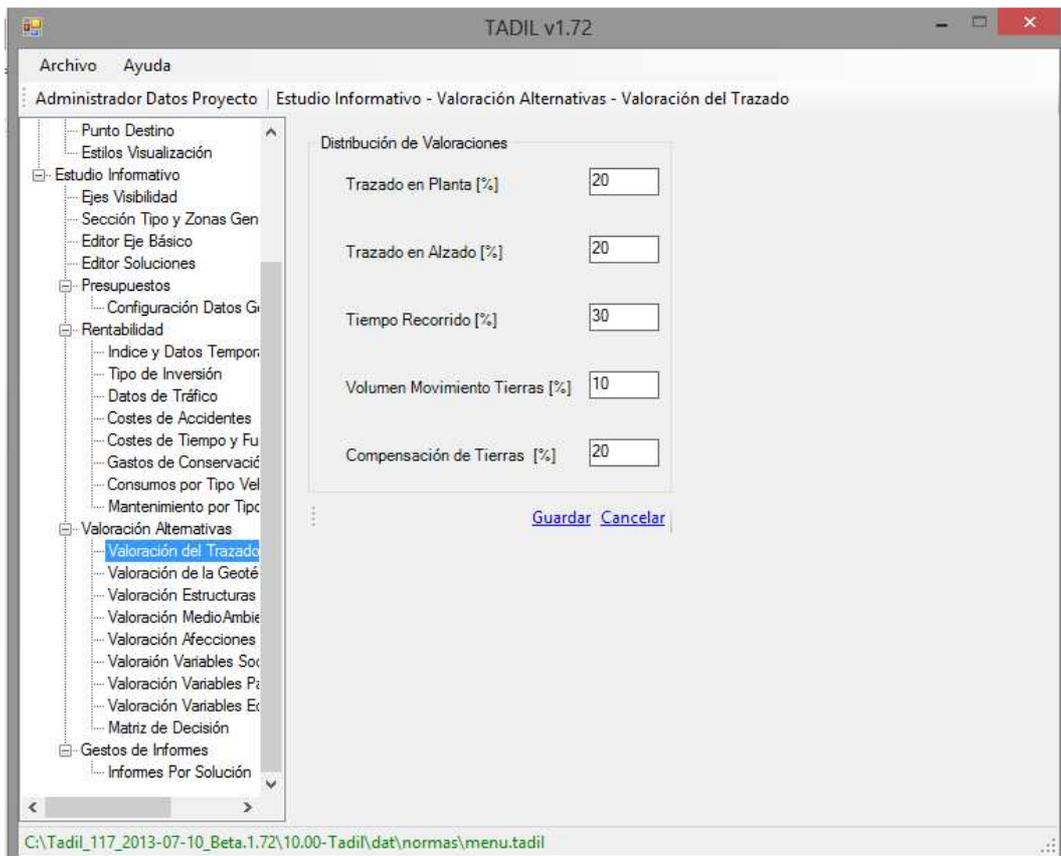


Imagen 6-1. Ponderación de variables de trazado.

SOFTWARE TADIL

TÉCNICAS DE AUTOTRAZADO PARA EL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURAS LINEALES

CAPÍTULO 6. VALORACIÓN Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

SUB-CAPÍTULO 2. VALORACIÓN DE LA GEOTECNIA

1. Variables de trazado que se valoran.

Para la valoración de la geotecnia primero debe hacerse una valoración global de cada grupo geotécnico.

Para ello se valoran las siguientes variables:

- estabilidad horizontal del terreno.
- estabilidad de taludes de desmonte.
- CBR.
- Excavabilidad.
- Protección de taludes.

2. Estabilidad horizontal del terreno.

TADIL considera que a mayor ángulo del terreno natural admisible para la implantación de una infraestructura mejor será geotécnicamente dicho terreno y por tanto la puntuación será menor.

La fórmula para valorar las alternativas será:

Valoración zona geotécnica i por estabilidad horizontal = $(-1/9) \times \text{pdte admisible}_i + 10$

Así para 90° la puntuación será 0 y para 0° será 10. Por lo general macizos rocosos sin problemas de desprendimientos o fallas activas permitirán ángulos muy altos, mientras que zonas geotécnicas dominadas por materiales arcillosos, margas o similares presentarán ángulos muy bajos.

3. Estabilidad de taludes de desmonte.

Otro parámetro que nos habla de la bondad del grupo geotécnico es la estabilidad de los taludes de desmonte. Así podría ocurrir que un grupo geotécnico, como por ejemplo, un macizo rocoso, permitiera implantar una carretera para un ángulo alto del terreno natural, pero que sin embargo, en los desmontes se exigiera tender los taludes para evitar desprendimientos.

Por tanto, también es requisito imprescindible valorar la estabilidad de los taludes de desmontes.

A menor valor de la variable "T", (talud), introducida en las fichas geotécnicas del Sistema de Información Geográfico más estable será el talud.

Para valores superiores a 4 la puntuación será 10, y para $T=0$, la puntuación será 0.

Además se considera la altura máxima de desmonte admisible en el eje, la existencia de bermas y/o muros con la siguiente fórmula:

Valoración zona geotécnica est. tal i : $\text{MIN}(10; 2,5 T \cdot (C_{hd}) \cdot (C_{hbm}))$

Donde (C_{hd}) es un coeficiente que tiene en cuenta la altura de desmonte admisible, siendo de valor 0,5 para alturas superiores a 30 m, 0,75 para alturas superiores a 20 m y 1 para alturas inferiores.

(C_{hbm}) es un coeficiente que tiene en cuenta la necesidad de bermas, siendo 1,2 cuando se requieran bermas y 1,5 cuando se requieran muros.

4. Valor de CBR.

El valor del CBR es una medida de la capacidad portante de los suelos, de ahí que sea una variable imprescindible en el análisis de la bondad de los grupos geotécnicos.

A mayor valor mejor es el terreno y por tanto la puntuación será menor.

Los valores superiores a 50 tendrán un valor 0, y los inferiores a 2 un valor 10.

Valoración zona geotécnica CBR i: $(-10/48) CBR + (500/48)$; con $2 < CBR < 50$.

5. Valoración de aprovechamientos.

Los mejores materiales serán aquellos en los que mayor sea el % aprovechable de materiales para empleo. Así el mejor material será aquel en el que el 100% sea aprovechable para capas granulares, el 100% para capas de asiento y el 100% para rellenos y terraplenes. Es decir el máximo valor será 300, (en porcentaje) y su puntuación 0. La valoración así es la siguiente:

Valoración aprovech. zona geotécnica i: $(-10/300) \sum (\%cgr, \%cas, \%rell) + 10$

6. Excavabilidad

Para valorar la excavabilidad TADIL considera los porcentajes de reparto indicados en el cuadro del Sistema de Información Geográfico.

Los porcentajes anteriores se ponderan por la puntuación que el usuario otorgue a cada modalidad de excavación.

TADIL por defecto aporta las siguientes puntuaciones:

- Por medios convencionales: se multiplica por 0.
- Con empleo de martillo neumático: 10.
- Con empleo de voladuras: 7.
- Con empleo de sistemas de agotamiento: se multiplica por 9.
- Con empleo de retirada de material excavado en dos fases: 6.

Así el valor máximo de porcentaje ponderado será el producto de la mayor nota por 100% y el mínimo de 0. Si el usuario mantiene las puntuaciones de TADIL la peor puntuación será de 1000%, (10x100%).

La puntuación así sería la siguiente:

Valoración excav. zona geotécnica i: $(10/300) \sum (\text{porcentajes ponderados})$

Cuando se haga con las puntuaciones dadas por el usuario:

Valoración excav. zona geotécnica i: $(10/(MAX NOTAx100\%)) \sum (\text{porcentajes ponderados})$

7. Protección de taludes

Como en el caso anterior se ponderan los porcentajes por las puntuaciones. TADIL propone por defecto las siguientes notas:

- Sin protección: 0.
- Protecciones flexibles: 6.
- Protecciones rígidas o anclajes: 10.

Y por tanto con las puntuaciones para cada grupo geotécnico como en el caso anterior la valoración de cada grupo geotécnico se obtendría como sigue:

Valoración protec. taludes zona geotécnica. i: $(-10/300) \sum$ (porcentajes ponderados)

Caso de que el usuario decida modificar las puntuaciones anteriores la valoración de cada grupo geotécnico será la siguiente:

Valoración protec. taludes zona geotécnica. i: $(-10/(MAX\ NOTA \times 100\%)) \sum$ (porcentajes ponderados)

8. Ponderación.

Con los porcentajes de reparto de las puntuaciones de las variables geotécnicas, se obtiene la puntuación ponderada global de cada grupo geotécnico.

Para cada alternativa en cada sección ubicada a la secuencia de metros indicada por el usuario, se procede a identificar el grupo geotécnico en el que se encuentra. Para cada sección se obtiene un valor: $S \times Val. \text{ geot.}$, siendo S la separación entre secciones y Val. geot. la puntuación del grupo geotécnico.

La valoración media por criterios geotécnicos de cada alternativa se obtendrá sumando los valores anteriores de todas las secciones y dividiendo por la longitud total de trazado en planta de la alternativa.

Obtenida la valoración media de cada alternativa, para obtener puntuaciones comparables entre soluciones, aplicamos la siguiente formulación.

Puntuación geotécnica Alt_i = MIN(10; 10 x [(Val geot_i - Val geot_{alt con menor puntuación}) / Val geot_{alt con menor puntuación}.])

ESTE CRITERIO ES EL QUE SE APLICARÁ A TODAS LAS VARIABLES SIG.

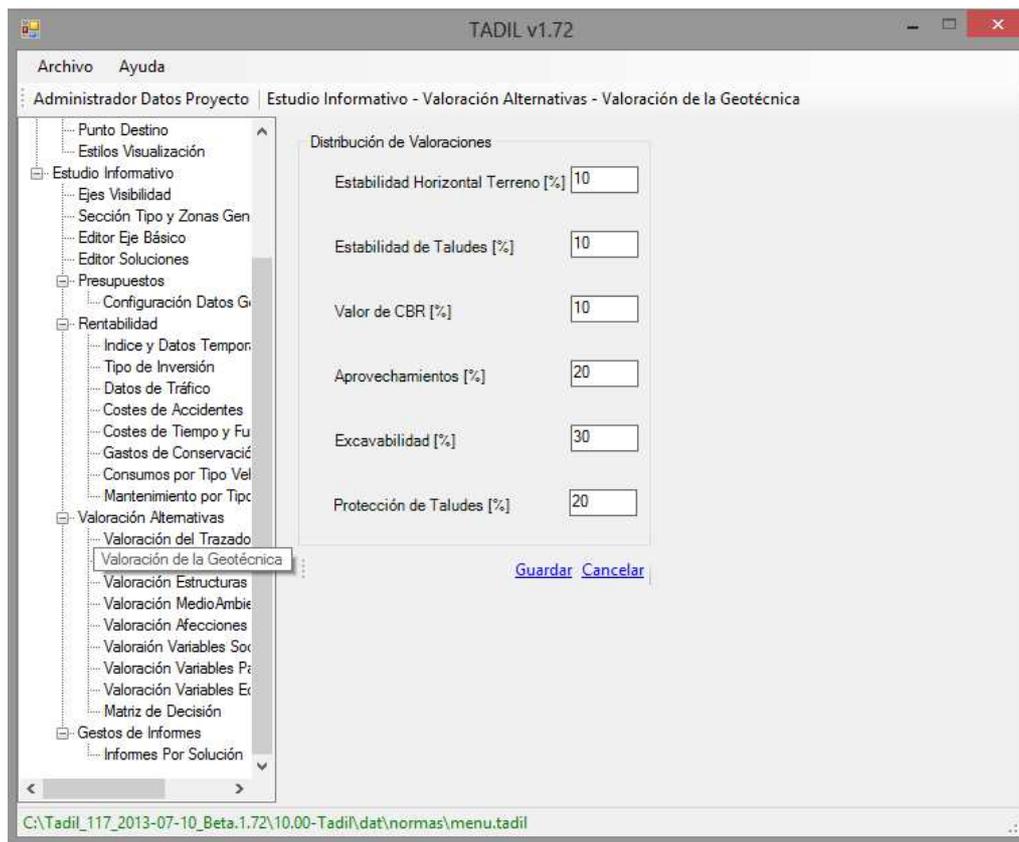


Imagen 6-2. Ponderación de variables de geotecnia.

SOFTWARE TADIL

TÉCNICAS DE AUTOTRAZADO PARA EL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURAS LINEALES

CAPÍTULO 6. VALORACIÓN Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

SUB-CAPÍTULO 3. VALORACIÓN DE LA CIMENTACIÓN DE ESTRUCTURAS, TÚNELES Y MUROS.

1. Variables que se consideran.

Se tienen en cuenta todas las variables relacionadas con cimentaciones, túneles y muros, introducidas en el Sistema de Información geográfico.

En particular las siguientes:

- Cimentación de estructuras:

- tipología de cimentación.
- procedimiento de excavación.
- cimentación de pasos inferiores.
- presencia de agua en las excavaciones.

- Valoración de los túneles:

- Valor RMR.
- Procedimiento de excavación en túneles.
- Tratamientos específicos.

- Muros.

- Volumen de muros en la obra.

Cabe además hacer las siguientes consideraciones:

- No se considera como variable a calificar la elección de tipología de viaducto considerada para el proyecto. Se entiende que la elección de la tipología influirá en el presupuesto de la obra aspecto que ya se tiene en cuenta en la valoración multi-criterio.
- Las variables RMR, procedimientos de excavación y tratamientos específicos, en sí deberían estar relacionadas. No obstante, se ha preferido independizar cada una de las anteriores, a efectos de diferenciar grupos geotécnicos que pudieran tener RMR similares pero con particularidades respecto de los demás en lo relativo a los procedimientos constructivos.

2. Cimentación de estructuras.

2.1. TIPOLOGÍA DE CIMENTACIONES.

TADIL propone por defecto las siguientes puntuaciones:

- Cimentación directa: 0.
- Directa con saneos: 4.
- Cimentación con pozos: 6.
- Cimentación profunda: 10.

El usuario podrá modificarlas teniendo en cuenta que la peor valoración será siempre un 10 y la mejor un 0. En este caso dado que en el menú del Sistema de Información geográfico sólo puede elegirse una opción, la valoración del grupo geotécnico por esta variable será la de la tipología correspondiente.

2.2. PROCEDIMIENTOS DE EXCAVACIÓN.

En este caso TADIL propone la siguiente puntuación:

- Medios convencionales: 0.
- Martillo o medios neumáticos: 4.
- Voladuras: 6.
- Pilotadoras: 10.
- Otras: 10.

De la misma forma el usuario podrá editarlas y modificarlas considerando que la peor puntuación es un 10 y la mejor un 0.

2.3. CIMENTACIÓN PASOS INFERIORES.

Las puntuaciones propuestas por defecto por TADIL son:

- cimentación directa: 0.
- con saneos: 4.
- con pozos: 6.
- profunda: 10.

Estas calificaciones como en el caso anterior también son editables con valores entre 0 y 10.

2.4. PRESENCIA DE AGUA.

En este caso se considera la presencia del nivel freático sobre el nivel inferior de cimentación.

TADIL propone las siguientes puntuaciones por defecto:

- sin afección: 0
- agotamiento: 6
- sistemas especiales: 10.

De la misma forma el usuario podrá editar estos datos modificando las puntuaciones con valores de 0 a 10.

2.5. VALORACIÓN PONDERADA GEOTECNIA DE ESTRUCTURAS.

Con los porcentajes de reparto de las variables geotécnicas de estructuras, se obtiene la puntuación ponderada global de cada grupo de geotecnia de cimentación de estructuras.

Para cada alternativa en cada sección ubicada a la secuencia de metros indicada por el usuario, TADIL procede a identificar el grupo geotécnico de estructuras en el que se encuentra el punto del eje. Para cada sección se obtiene un valor: $S \times \text{Val. geot. estruct} \times F_e$, siendo S la separación entre secciones, $\text{Val. geot. estruct.}$ la puntuación del grupo geotécnico de cimentación de estructuras, y F_e , un coeficiente de valor 1 si en la sección se proyecta un viaducto en el trazado, y 0 si la sección discurre en desmonte o en terraplén.

La valoración media por criterios de geotecnia de estructuras de cada alternativa se obtendrá sumando los valores anteriores de todas las secciones y dividiendo por la longitud total de trazado en planta de la alternativa.

Obtenida la valoración media de cada alternativa, para obtener puntuaciones comparables entre soluciones, aplicamos la siguiente formulación.

$$\text{Puntuación geotécnia estruct Alt}_i = \text{MIN}(10; 10 \times [(\text{Val geot est}_i - \text{Val geot est}_{\text{alt con menor puntuación}}) / \text{Val geot est}_{\text{alt con menor puntuación}}])$$

3. Valoración de túneles.

3.1. VARIABLE RMR EN TÚNELES.

A mayor RMR mejor será la geotecnia del terreno para la ejecución del túnel.

Los valores de RMR estarán comprendidos entre 0 y 100.

La valoración que hace TADIL es la siguiente:

Valoración RMR zona geotécnica i: $(-10/100) \text{ RMR} + 10$

3.2. MÉTODOS DE EXCAVACIÓN EN TÚNELES.

Las puntuaciones que propone por defecto TADIL son las siguientes:

- Métodos tradicionales: 0.
- Rozadoras: 2.
- Voladuras: 3.
- Escudo presión lodos: 5.
- Escudo presurizado: 6.
- Escudo presión tierras: 4.
- Doble escudo: 7.
- Escudo abierto para rocas: 8.
- Otras: 10.

El usuario podrá editar las puntuaciones y modificarlas con valores entre 0, (mejor valoración) y 10, (peor valoración).

3.3. TRATAMIENTOS ESPECÍFICOS.

TADIL por defecto incluye las siguientes puntuaciones:

- Sin necesidad de tratamientos: 0.
- Tratamientos presencia de agua: 8
- Tratamientos en el frente: 7
- Tratamientos en la clave o en la solera: 5
- Otros tratamientos: 10.

El usuario también podrá editarlas y modificarlas.

3.4. VALORACIÓN PONDERADA GEOTECNIA DE TÚNELES.

Con los porcentajes de reparto de las variables geotécnicas de túneles, se obtiene la puntuación ponderada global de cada grupo de geotecnia de túneles.

Para cada alternativa en cada sección ubicada a la secuencia de metros indicada por el usuario, se procede a identificar el grupo geotécnico de túneles en el que se encuentra. Para cada sección se obtiene un valor: $S \times \text{Val. geot. túneles.} \times F_T$, siendo S la separación entre secciones, $\text{Val. geot. túneles.}$ la puntuación del grupo geotécnico de túneles y F_T un coeficiente de valor 0 si en la sección en cuestión no se proyecta túnel alguno y 1 si por el contrario se prevé un túnel en dicha sección.

La valoración media por criterios de geotecnia de túneles de cada alternativa se obtendrá sumando los valores anteriores de todas las secciones y dividiendo por la longitud total de trazado en planta de la alternativa.

Obtenida la valoración media de cada alternativa, para obtener puntuaciones comparables entre soluciones, aplicamos la siguiente formulación:

Puntuación geotécnia túneles $\text{Alt}_i = \text{MIN}(10; 10 \times [(\text{Val geot túneles}_i - \text{Val geot túneles}_{\text{alt con menor puntuación}}) / \text{Val geot túneles}_{\text{alt con menor puntuación}}])$

4. Valoración de muros.

Se considera en este caso la mayor o menor presencia de muros en las secciones transversales.

La alternativa con menor volumen de muros tendrá valoración 0.

Debe considerarse que la variable muro ya se tuvo en cuenta en los grupos geotécnicos. Si bien dado que en muchas ocasiones los muros se disponen para evitar terraplenes muy largos o desmontes muy prolongados, (motivos de trazado), se vuelve a considerar esta variable pero de modo cuantitativo.

La valoración que hace TADIL por tanto será:

Puntuación volum. muros $\text{Alt}_i = -10 + 10 \times (\text{Vol muros}_i - \text{Vol muros}_{\text{alt con menor volumen}}) / (\text{Vol muros}_{\text{alt con mayor volumen}} - \text{Vol muros}_{\text{alt con menor volumen}})$

5. Valoración ponderada de muros, túneles y estructuras.

Valoradas cada alternativa por los criterios de muros y túneles y estructuras, se obtendrá la ponderación global de cada alternativa según los porcentajes de ponderación indicados por el usuario para cada uno de los tres conceptos.

Obtenida la valoración media de cada alternativa, para obtener puntuaciones comparables entre soluciones, aplicamos la siguiente formulación.

Puntuación MTE $Alt_i = \text{MIN}(10; 10 \times [(\text{Val MTE}_i - \text{Val MTE}_{\text{alt con menor puntuación}}) / \text{Val MTE}_{\text{alt con menor puntuación}}])$

Donde Puntuación MTE es la puntuación de cada alternativa por muros, túneles y estructuras.

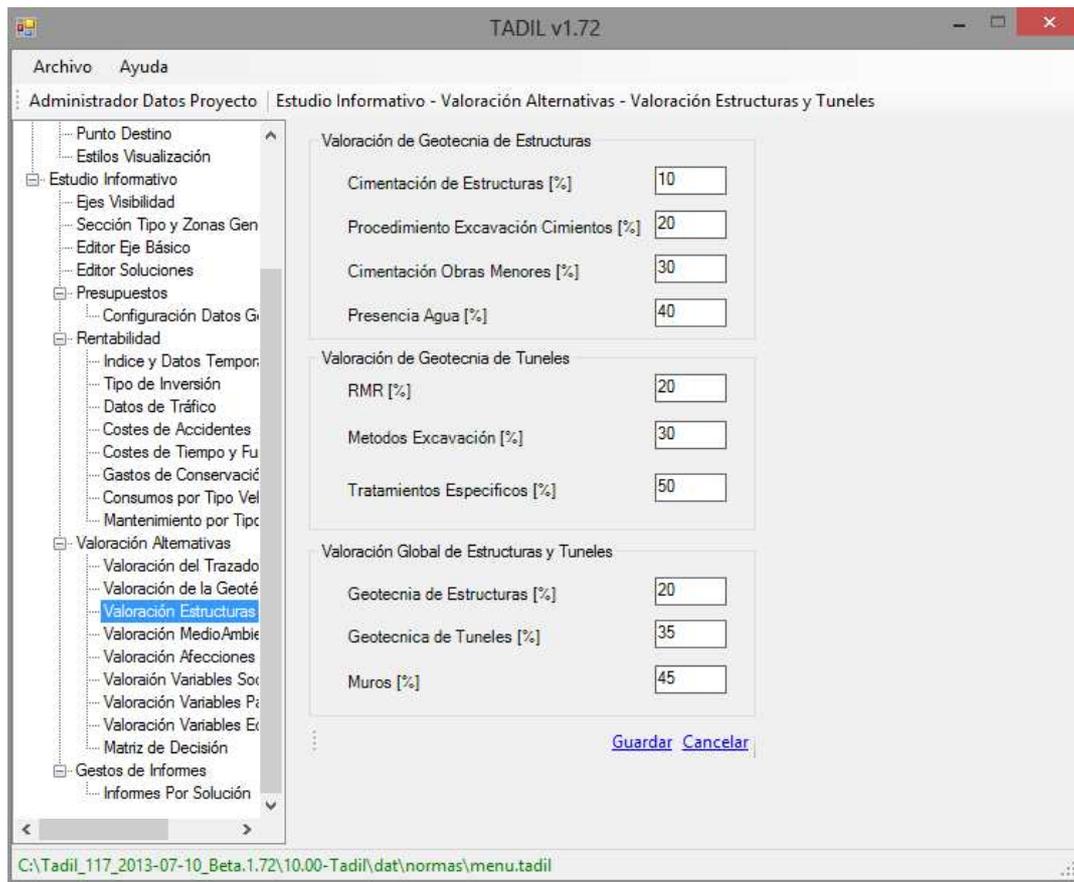


Imagen 6-3. Ponderación de variables de geotecnia de estructuras, túneles y muros.

SOFTWARE TADIL

TÉCNICAS DE AUTOTRAZADO PARA EL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURAS LINEALES

CAPÍTULO 6. VALORACIÓN Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

SUB-CAPÍTULO 4. VALORACIÓN DE VARIABLES MEDIOAMBIENTALES, CLIMÁTICAS, SOCIOECONÓMICAS Y PATRIMONIALES.

1. Variables que se incluyen.

En este apartado incluimos las variables que en el menú del Sistema de Información Geográfico se estructuran en cuatro capítulos:

- variables medioambientales.
- variables climáticas.
- variables socioeconómicas.
- variables patrimoniales.

A su vez las variables que incluyen cada capítulo son las siguientes:

- VARIABLES MEDIOAMBIENTALES:

- Zonas de protección.
- Valoración de fauna.
- Valoración de flora.
- Valoración de suelos.
- Afecciones hídricas e hidrogeológicas.
 - Zonas de dominio público hidráulico
 - Acuíferos
- Medio Perceptual.
 - Zonas de interés paisajístico.
 - Campos visuales de interés.
- Permeabilidad al paso de fauna.

- VARIABLES CLIMÁTICAS.

- Zonas de fuertes heladas.
- Zonas de umbría.
- Zonas de frecuentes tormentas.
- Zonas de lluvias intensas.
- Zonas de nevadas frecuentes.
- Zonas de fuertes vientos.
- Zonas de nieblas densas.

- VARIABLES SOCIOECONÓMICAS:

- Zonas Sector Primario.
- Zonas Sector Secundario.
- Zonas Sector Terciario.

- VARIABLES PATRIMONIALES:

- Montes Públicos.
- Suelos Urbanos.
- Suelos Urbanizables.
- Suelos No urbanizables.
- Yacimientos arqueológicos, (pudiendo establecer varias clasificaciones según el usuario, p.ej, zonas de cautela, Bienes de Interés Cultural, etc...).
- Zonas de especial interés.
- Cruce de vías pecuarias.
- Cruce de infraestructuras.
- Zonas de infraestructuras públicas.
- Minas y canteras.

La mayoría de variables anteriores podrán incluir varias sub-categorías por lo que para un punto en el eje, podrían existir varias valoraciones por ubicarse dentro de varios perímetros correspondientes a varias sub-categorías. Así un punto podría pertenecer a una zona LIC y al mismo tiempo a una zona de Parque Natural.

Para estas variables con sub-categorías y a efectos de tratar adecuadamente las afecciones territoriales, las puntuaciones en cada punto del eje corresponderán a las sumas de las puntuaciones en cada sub-categoría limitadas por un valor máximo de 10.

Valoración variable i en cada punto = \sum Valor subcategoría $i < 10$

2. Valoración de variables medioambientales.

Como se ha indicado antes TADIL obtiene la puntuación en cada punto del eje sumando las valoraciones de cada subcategoría, con un valor máximo de 10.

De acuerdo a lo anterior TADIL procede como sigue:

- Para cada punto del eje identifica las sub-categorías que le afectan.
- Se considerará la puntuación en cada sección de cada sub-categoría.
- Se suman las valoraciones en cada punto.
- Cuando el valor sea superior a 10, se considerará un valor de 10.
- Posteriormente se obtendrá la multiplicación de la separación de secciones, (S), x la valoración de la variable.
- Se suman los valores en cada sección.
- Se divide por la longitud de la alternativa.
- Así obtendremos la valoración media para cada variable.

Para obtener la valoración global medioambiental, se considerarán los porcentajes de valoración de cada variable integrante. En particular se indicarán los pesos de las siguientes variables:

- zonas de valoración.
- suelos.
- fauna.
- flora.
- zonas de dominio público hidráulico.
- acuíferos.
- zonas de interés paisajístico.
- campos visuales.
- permeabilidad de fauna.

Obtenida la valoración global por alternativa las valoraciones comparables entre trazados se obtendrá otorgando un valor 0 a la de menos puntuación, (menos afección), y obteniendo el resto de puntuaciones de la siguiente manera:

Puntuación medioambiental Alt_i = MIN(10; 10 x [(Val medioamb_i - Val medioamb_{alt con menor puntuación}) / Val medioamb_{alt con menor puntuación}.])

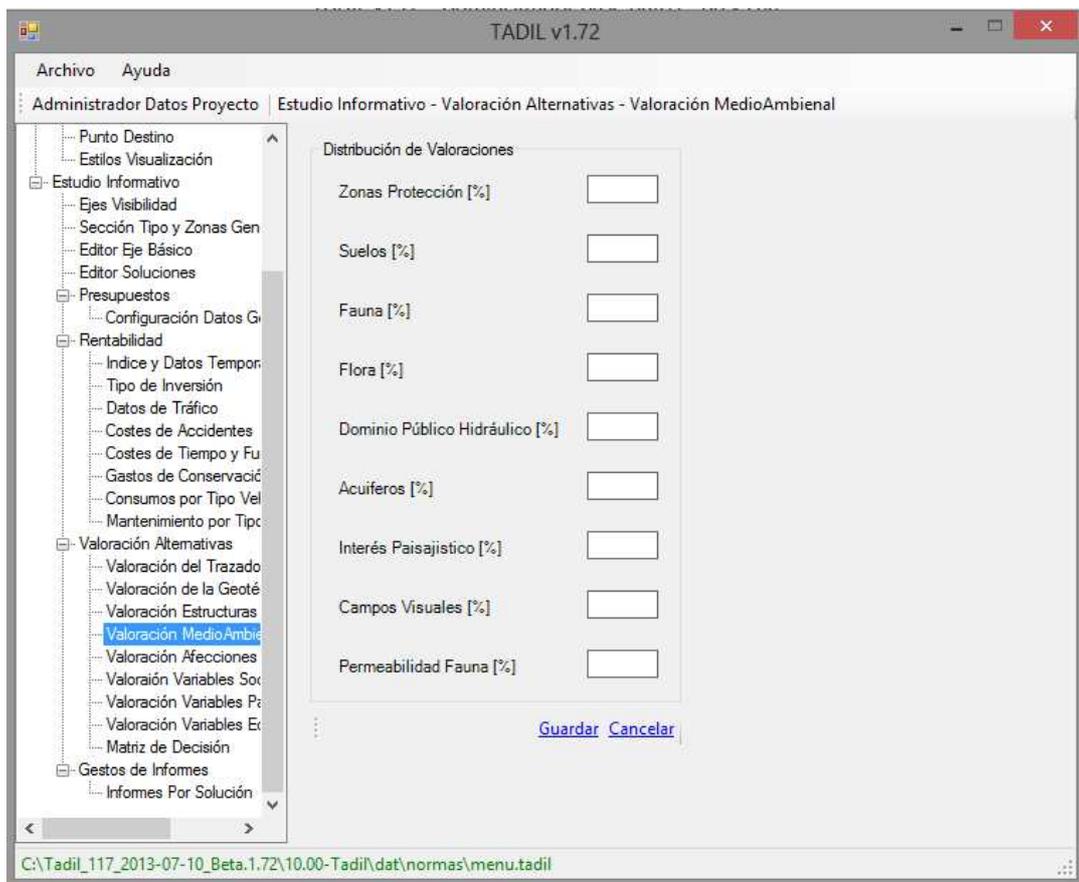


Imagen 6-4. Ponderación de variables medioambientales.

3. Valoración de variables climáticas.

El procedimiento es idéntico al indicado para las variables medioambientales.

De la misma forma podrán existir sub-categorías en cada variable por lo que la puntuación será la suma de las valoraciones en cada una de las subcategorías con un valor máximo de 10.

Las variables que se evalúan son las siguientes:

- Zonas de fuertes heladas.
- Zonas de umbría.
- Zonas de frecuentes tormentas.
- Zonas de lluvias intensas.
- Zonas de nevadas frecuentes.
- Zonas de fuertes vientos.
- Zonas de nieblas densas.

El usuario indicará los porcentajes de ponderación de cada una de las variables anteriores.

De la misma forma las puntuaciones entre alternativas se harán respecto a la de menor valoración a la que se le da puntuación 0.

Puntuación climática $Alt_i = \text{MIN}(10; 10 \times [(\text{Val climática}_i - \text{Val climática}_{alt \text{ con menor puntuación}}) / \text{Val climática}_{alt \text{ con menor puntuación}}])$

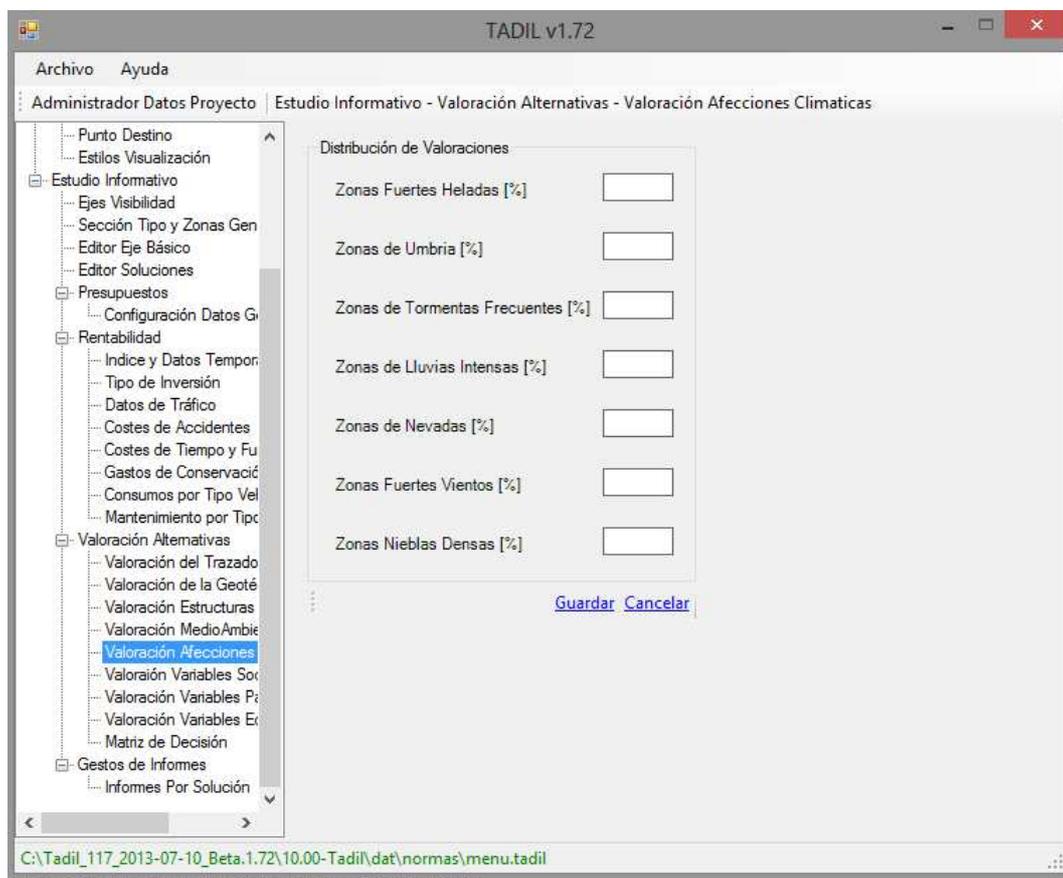


Imagen 6-5. Ponderación de variables climáticas.

4. Valoración de variables socioeconómicas

En el caso de las variables socioeconómicas no se incluyen sub-categorías y un punto sólo debería pertenecer a un único sector socioeconómico, con su correspondiente valoración.

Las variables que se evalúan son las siguientes:

- Zonas sector primario.
- Zonas sector secundario.
- Zonas sector terciario.

El usuario indicará los porcentajes de ponderación de cada una de las variables anteriores.

Por lo general los sectores secundario y terciario por tener mayor productividad económica presentarán pesos más altos respecto al sector primario.

De la misma forma las puntuaciones entre alternativas se harán respecto a la de menor valoración a la que se le da puntuación 0.

Puntuación socioec. Alt_i = MIN(10; 10 x [(Val socioec. _i - Val socioec. _{alt con menor puntuación}) / Val socioec. _{alt con menor puntuación}.])

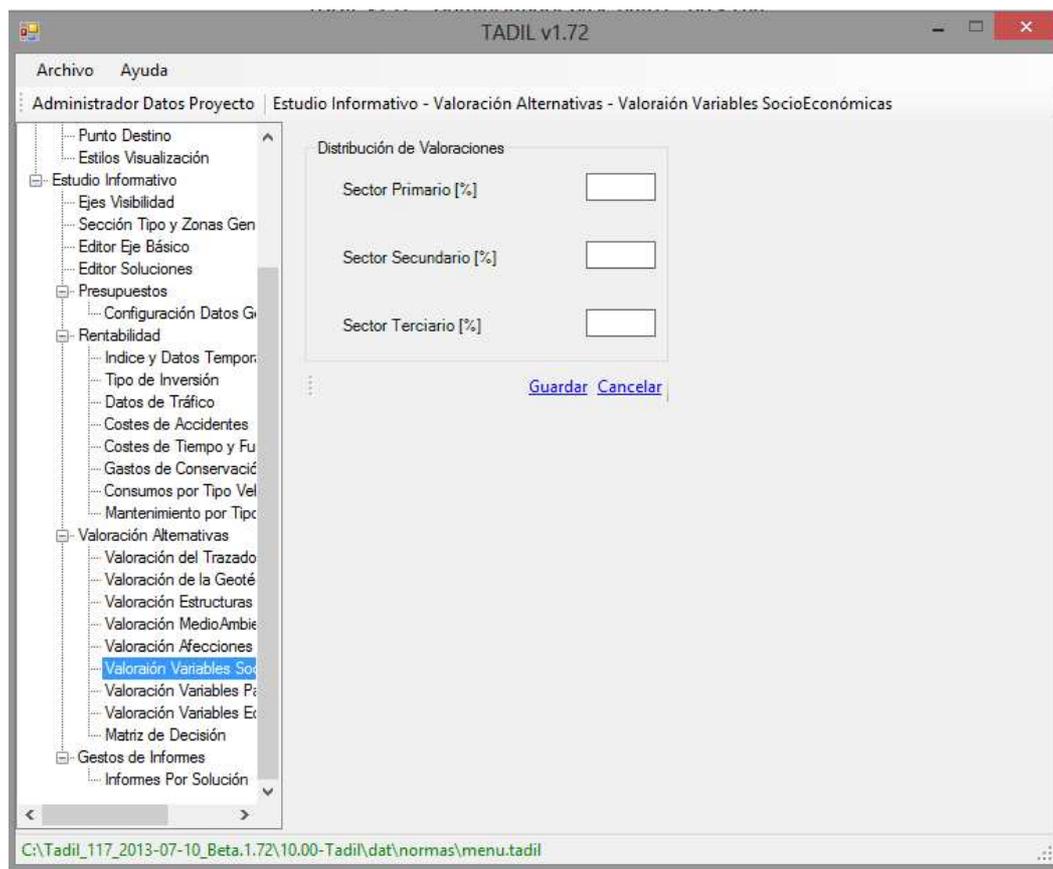


Imagen 6-6. Ponderación de variables socioeconómicas.

5. Valoración de variables patrimoniales

En el caso de las variables patrimoniales existen variables que no incluyen sub-categorías y otras dónde es posible introducir varias categorías; en estas últimas cuando un punto pertenezca a varias sub-categorías la valoración corresponderá a la suma de todas las puntuaciones de cada sub-categoría.

Las variables que se evalúan son las siguientes:

- Montes Públicos, (con sub-categorías).
- Suelos Urbanos, (sin sub-categorías)
- Suelos Urbanizables, (sin sub-categorías)
- Suelos no urbanizables, (sin sub-categorías)
- Yacimientos arqueológicos, (con sub-categorías).
- Zonas de especial interés, (con sub-categorías).
- Cruce de vías pecuarias, (con sub-categorías).
- Cruce de infraestructuras, (sin sub-categorías).
- Zonas de infraestructuras públicas, (con sub-categorías).
- Minas y canteras, (con sub-categorías)

El usuario indicará los porcentajes de ponderación de cada una de las variables anteriores.

De la misma forma las puntuaciones entre alternativas se harán respecto a la de menor valoración a la que se le da puntuación 0.

Puntuación patrim. Alt_i = MIN(10; 10 x [(Val patrim. _i - Val patrim. _{alt con menor puntuación}) / Val patrim. _{alt con menor puntuación}].)

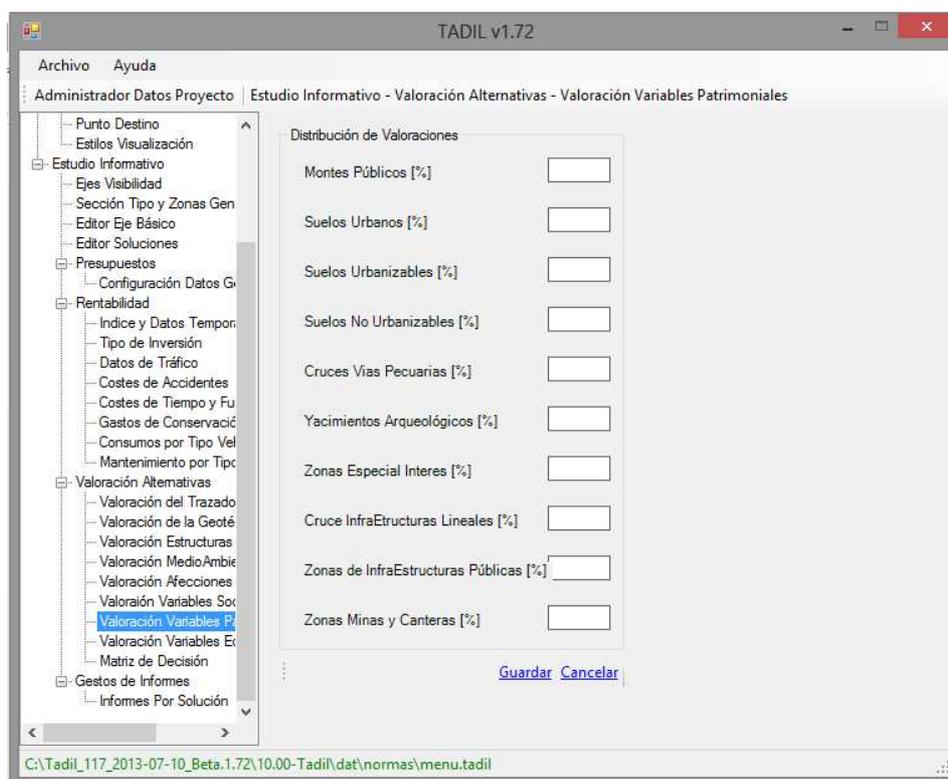


Imagen 6-7. Ponderación de variables patrimoniales.

SOFTWARE TADIL

TÉCNICAS DE AUTOTRAZADO PARA EL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURAS LINEALES

CAPÍTULO 6. VALORACIÓN Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

SUB-CAPÍTULO 5. VALORACIÓN DE LA RENTABILIDAD ECONÓMICA.

1. Variables que se incluyen.

Antes de la valorar la rentabilidad, el usuario debería haber calculado los ratios de rentabilidad económica de cada alternativa.

Para obtener una puntuación comparativa entre alternativas TADIL valora la relación B/C, (beneficio-coste), y el VAN de cada alternativa. Las puntuaciones también se obtienen de forma comparativa entre alternativas. La de mayor VAN obtendrá puntuación 10 y de la de misma forma la de mayor relación B/C.

Alternativas con relaciones B/C o VAN con valores negativos se consideran con puntuación 10.

Cuando el VAN o la relación B/C tengan valores negativos la puntuación directamente será 10.

Puntuación VAN $Alt_i = SI(VAN < 0; 10; MIN(10; 10 \times [(-Val\ VAN_i + Val\ VAN_{alt\ mayor\ VAN}) / Val\ VAN_{alt\ mayor\ VAN}]))$

Puntuación B/C $Alt_i = SI(B/C < 0; 10; MIN(10; 10 \times [(-Val\ B/C_i + Val\ B/C_{alt\ mayor\ VAN}) / Val\ B/C_{alt\ mayor\ B/C}]))$

De la misma forma TADIL evalúa el volumen de inversión necesario para la ejecución de la obra. La alternativa con menor inversión tendrá puntuación 10 y las demás obtendrán su puntuación con la siguiente formulación.

Puntuación Inversión $Alt_i = MIN(10; 10 \times [(Val\ Inversión_i - Val\ Inversión_{alt\ menor\ inversión}) / Val\ Inversión_{alt\ menor\ inversión}]))$

Dado que la inversión puede ser pública o privada las tres variables anteriores pasan a ser seis. Cuando no se prevea inversión privada las casillas correspondientes a los ratios de VAN, B/C e inversión privada quedarán desactivadas.

El usuario por tanto, para obtener la nota final de cada alternativa deberá ponderar con porcentajes cada una de las variables anteriores:

- VAN privado.
- VAN público ó social.
- B/C privado.
- B/C social ó público.
- Inversión administración.
- Inversión privada.

Obtenida la valoración media de cada alternativa, para obtener puntuaciones comparables entre soluciones, aplicamos la siguiente formulación.

Puntuación rentab. $Alt_i = MIN(10; 10 \times [(Val\ rentab_i - Val\ rentab_{alt\ con\ menor\ puntuación}) / Val\ rentab_{alt\ con\ menor\ puntuación}]))$

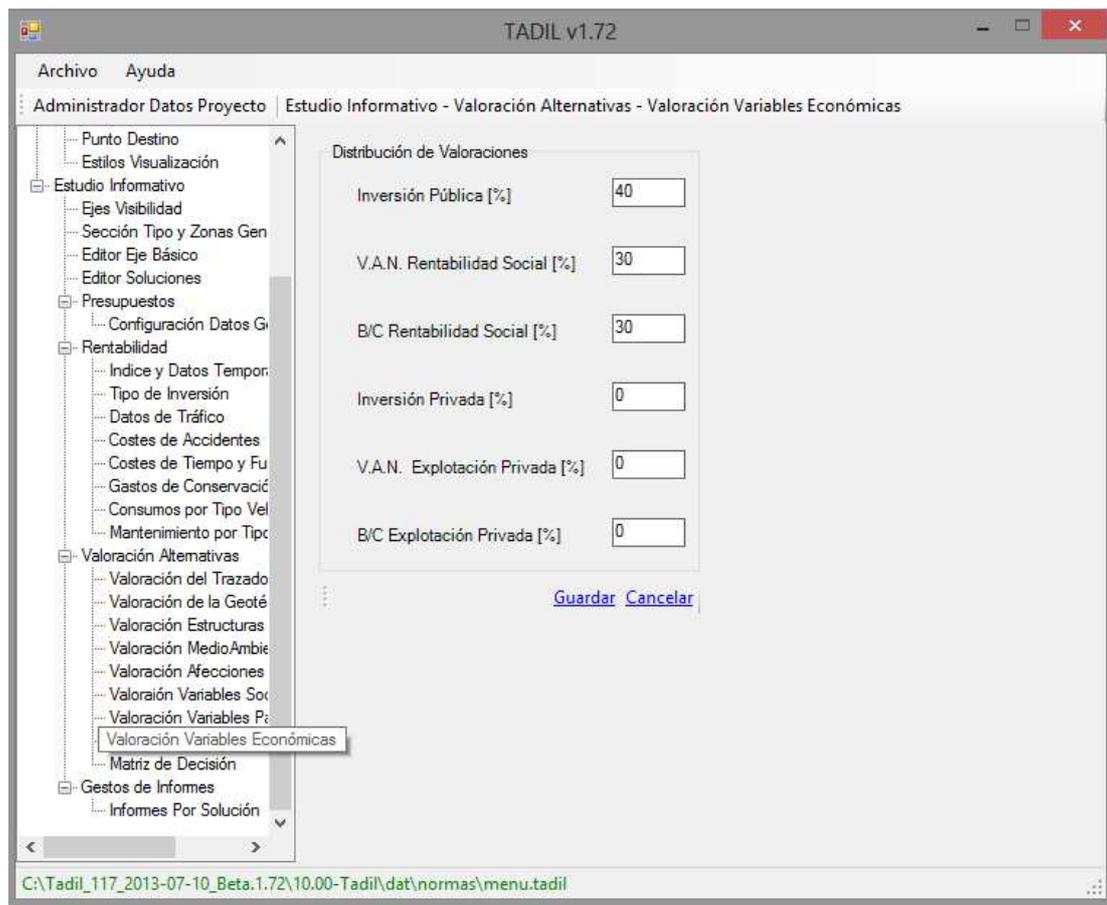


Imagen 6-8. Ponderación de variables económicas.

SOFTWARE TADIL

TÉCNICAS DE AUTOTRAZADO PARA EL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURAS LINEALES

CAPÍTULO 6. VALORACIÓN Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

SUB-CAPÍTULO 6. VALORACIÓN PONDERADA Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.

1. Puntuaciones por grupos.

Con el proceso anterior TADIL habrá obtenidos puntuaciones comparativas entre alternativas en los siguientes capítulos:

- Trazado.
- Geotecnia.
- Estructuras y túneles.
- Valoración medioambiental.
- Valoración climática.
- Valoración socioeconómica.
- Valoración patrimonial.
- Viabilidad económica.

Según el procedimiento de TADIL en cada capítulo existirá una alternativa con puntuación 0 y por tanto corresponderá a la mejor solución de acuerdo a las variables que se incluyen en dicho capítulo.

Sin embargo, todos los aspectos anteriores deberían ser considerados por lo que el usuario debe ponderar mediante porcentajes el peso de cada capítulo para poder obtener una NOTA GLOBAL de cada alternativa.

Para ello en el menú de matriz de decisión TADIL permite introducir hasta tres hipótesis de ponderación.

El usuario deberá determinar la distribución más "políticamente correcta" según las particularidades de la inversión, territorio e infraestructura.

Así para un inversor privado la viabilidad económica será prioritaria; para una administración pública aspectos socioeconómicos y ambientales serán prioritarios junto con la inversión; para una empresa constructora los aspectos constructivos dados por la complejidad de la geotecnia, estructuras y túneles serán fundamentales.

El menú permite automáticamente obtener las puntuaciones de cada alternativa indicando la solución de menor valoración.

Finalmente en el menú de listados, TADIL permite obtener las puntuaciones desglosadas de cada alternativa por capítulos y variables.

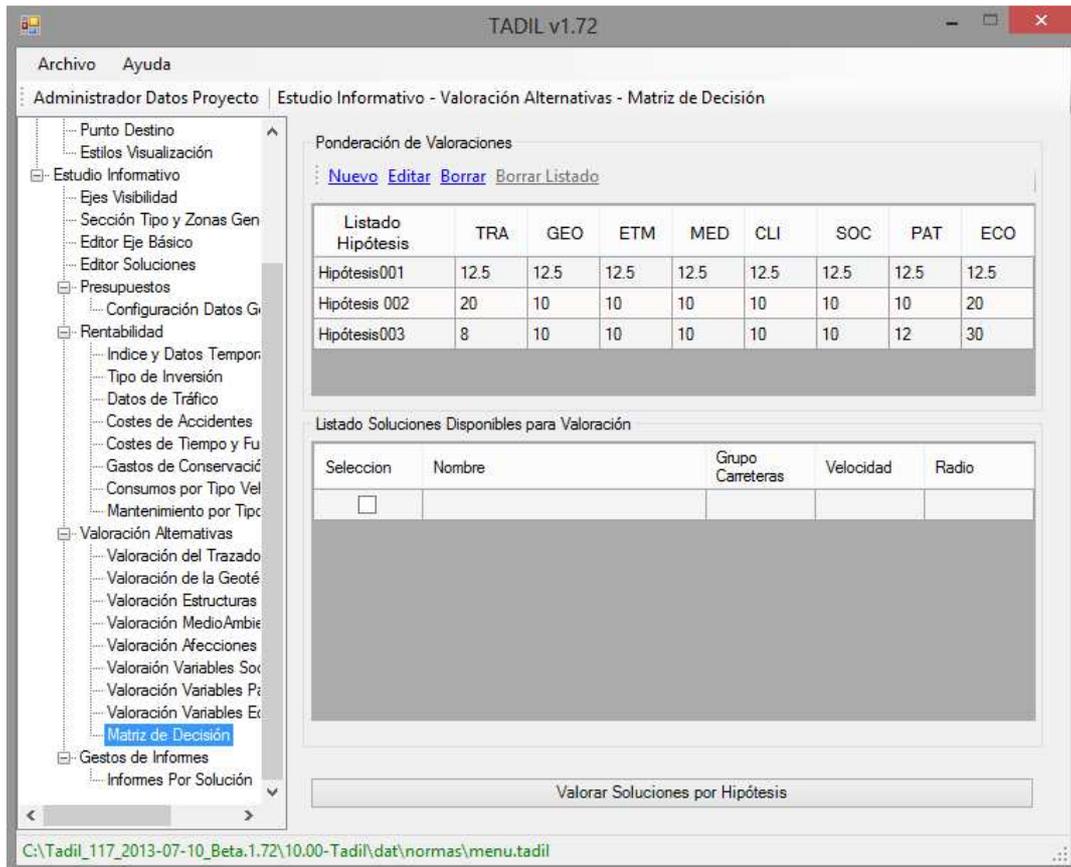


Imagen 6-9. Valoración ponderada final.

SOFTWARE T.A.D.I.L.

**TÉCNICAS DE AUTOTRAZADO PARA EL DISEÑO DE
INFRAESTRUCTURAS LINEALES. "TADIL."**

CAPÍTULO 7. GENERACIÓN DE TRAZADOS

GUÍA METODOLÓGICA DE APLICACIÓN.

SOFTWARE TADIL. TÉCNICAS DE AUTOTRAZADO PARA EL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURAS LINEALES

Guía Metodológica de Aplicación

CAPÍTULO 7. GENERACIÓN DE TRAZADOS EDICIÓN 1.

El presente capítulo incluye todas las herramientas necesarias para obtener trazados de forma automática, permitiendo la obtención de ejes completos de trazado, perfiles longitudinales, dibujo de planta del movimiento de tierras y secciones transversales.

TADIL incluye un amplio abanico de técnicas y algoritmos que permiten generar múltiples alternativas por el territorio y la optimización de los trazados.

En el presente capítulo se describen las opciones que puede emplear el usuario para la generación de alternativas de trazado sin profundizar en la concepción de los algoritmos que haría excesivamente complejo y tedioso el empleo del software por el usuario.

Se partirá de un modelo digital del terreno creado anteriormente por el usuario.

SOFTWARE TADIL

TÉCNICAS DE AUTOTRAZADO PARA EL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURAS LINEALES

CAPÍTULO 7. GENERACIÓN DE TRAZADOS.

SUB-CAPÍTULO 0. PROCEDIMIENTO.

0. Introducción.

En el presente capítulo se describen las opciones que aporta el software TADIL para la generación de alternativas, así como las posibilidades que permite el programa para generar estudios paramétricos y de sensibilidad de las variables del trazado que le aporten al usuario el mejor análisis posible de la capacidad de acogida por el territorio.

1. Metodología.

Se parte del hecho de que el usuario habrá generado la cartografía de proyecto antes de iniciar la obtención de trazados.

Una vez disponible la cartografía el usuario podrá iniciar la introducción de datos para generar trazados.

El procedimiento que sigue TADIL para definir el trazado en planta y perfil corresponde a la siguiente secuencia:

- 1º Obtención de zonas de no paso del trazado.
- 2º Obtención de eje de visibilidad.
- 3º Cálculo de eje básico.
- 4º Cálculo de variantes y optimizaciones del eje básico.
- 5º Cálculo de eje de trazado.
- 6º Cálculo de perfil longitudinal.

Los datos para elaborar el procedimiento anterior se introducirán en el menú de trazado cuando estemos realizando un estudio previo y por el contrario procederán del menú del Sistema de Información Geográfico y del menú de secciones cuando estemos realizando un estudio informativo. Por este motivo el usuario al entrar en el menú deberá indicar el tipo de estudio que desea realizar.

Cuando el usuario pretenda analizar exclusivamente la capacidad de acogida del territorio le bastará con elaborar un estudio previo. Por el contrario cuando desarrolle un estudio completo con conocimiento de todas las variables territoriales deberá elegir la opción de estudio informativo. En este caso previamente el usuario deberá haber introducido los datos territoriales en el menú SIG así como los de la sección tipo.

Cuando el usuario elija la opción estudio informativo buena parte de las casillas del menú trazado quedarán desactivadas respecto del menú para estudio previo; la razón está en que el programa obtendrá esos datos del menú de Sistema de Información Geográfico y del menú de Secciones Tipo.

En la opción de estudio informativo una vez se hayan obtenido los ejes en planta y perfil el usuario podrá obtener el dibujo en planta y las secciones transversales.

Seguidamente pasamos a describir brevemente cada uno de los pasos anteriores:

A. Definición de zonas de no paso.

Las zonas de no paso suponen obstáculos al trazado entre el punto de destino y el punto inicial; estas zonas de no paso pueden corresponder a zonas del SIG, (en el caso de estudios informativos), o a zonas a descartar por su orografía u otro tipo de condicionante, (en el caso de estudio previo).

B. Eje de visibilidad

Permite crear una polilínea de avance desde el punto origen al de destino bordeando las zonas de no paso con la menor longitud, y define por tanto un "eje rastreador o de avance" para el eje básico.

C. Eje básico.

Es una polilínea que constituye el esqueleto de nuestro trazado y que se configura con geometría que permita su conversión a un eje convencional de trazado.

D. Variantes y optimizaciones.

Son técnicas que permiten generar múltiples ejes básicos partiendo de las variables definidas por el usuario.

E. Eje de trazado.

Es un eje convencional de trazado que incluye rectas, curvas y curvas de transición - clotoides. Su diseño se corresponde con la mayoría de normativas de trazado. El usuario podrá seleccionar la normativa de aplicación.

F. Perfil longitudinal.

Supone la definición de la rasante para el eje de trazado obtenido.

En los siguientes capítulos se definen las variables que intervienen en la generación de trazados.

SOFTWARE TADIL

TÉCNICAS DE AUTOTRAZADO PARA EL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURAS LINEALES

CAPÍTULO 7. GENERACIÓN DE TRAZADOS.

SUB-CAPÍTULO 1. VARIABLES DE TRAZADO

1. Selección de tipo de estudio.

La primera ventana que encuentra el usuario en el menú de trazado corresponde a la selección del tipo de estudio. Como hemos indicado en capítulos anteriores el programa permite desarrollar dos tipos de análisis diferenciados por la profundidad del estudio y en particular por el conocimiento del territorio donde estudia la implantación de infraestructuras.

En el capítulo 1 se describen las diferencias entre sendos estudios.

TADIL permite elaborar estudios previos sin necesidad de implementar el menú SIG, el menú de partidas de obra o el menú de secciones tipo, introduciendo los datos en el menú de trazado.

Por el contrario cuando el usuario esté desarrollando un estudio informativo deberá haber introducido previamente las variables del Sistema de Información Geográfica, los valores de las partidas y la sección tipo a implementar. Una vez introducida la información el usuario podrá acceder al menú de trazado y generar alternativas.

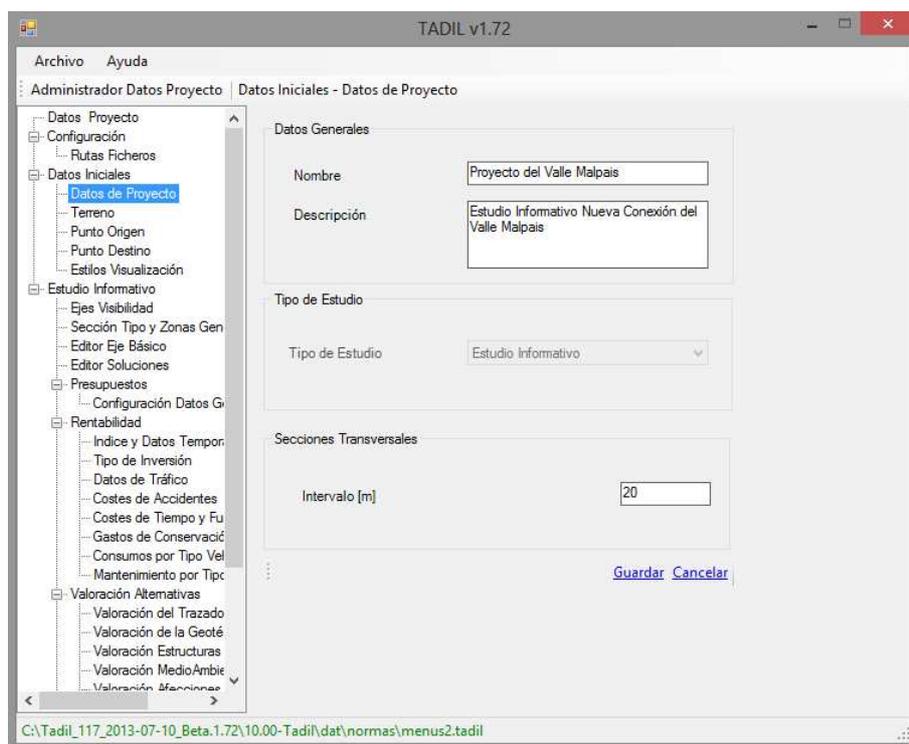


Imagen 7-1. Datos del Proyecto.

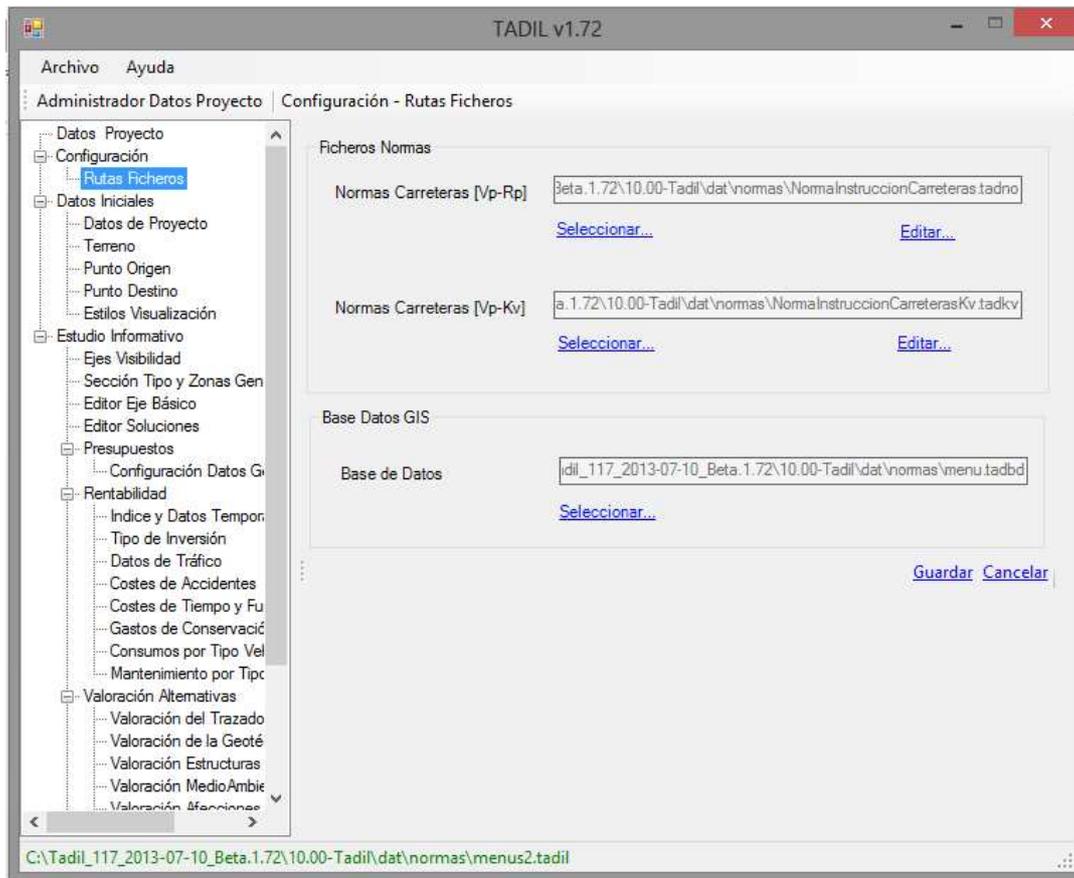


Imagen 7-2. Selección de normas.

2. Introducción de zonas de no paso.

En el caso de estudio informativo el programa cargará los perímetros introducidos en el menú del sistema de información geográfico como zonas de no paso. De la misma forma podrá generar zonas de no paso cuando la pendiente del terreno natural supere el porcentaje indicado para cada grupo geotécnico. Para ello el usuario indicará "generar zonas de no paso según pendientes máximas recomendables del terreno por grupo geotécnico". De la misma forma indicará una superficie mínima de la zona de no paso para que esta se considere.

En el caso de estudios previos el usuario indicará un valor de pendiente máxima a aplicar a todo el territorio y un área mínima de la zona de no paso.

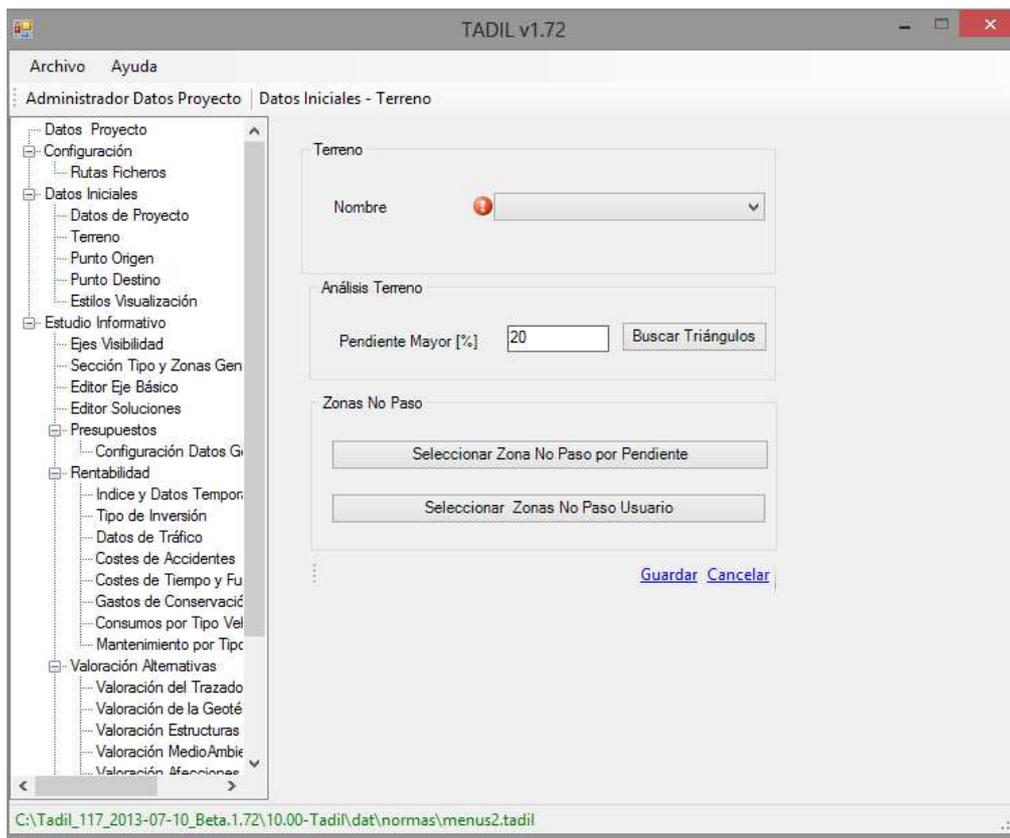


Imagen 7-3. Creación de zonas de no paso.

3. Inicio y fin.

El usuario puede introducir gráficamente los valores x,y,z del punto de salida y del punto de llegada, o bien introducirlos directamente.

El usuario podrá marcar las características de la alineación de salida y de llegada con los siguientes datos:

- azimut, (medido desde el norte).
- longitud de la línea de salida.
- pendiente de salida.
- el usuario también podrá indicar la necesidad de garantizar que la alineación de salida en recta se mantenga; si no marca esta casilla los acuerdos en planta entre alineaciones reducirán la longitud de la recta de salida o llegada indicada en la casilla anterior. Por el contrario si el usuario marca esta casilla los acuerdos en planta se insertarán respetando la longitud de la recta. Es criterio resulta interesante cuando haya que mantener una determinada tangencia con una infraestructura existente.

Cuando la pendiente de llegada o salida impongan terraplenes o desmontes superiores a los permitidos por el usuario el programa elaborará la correspondiente advertencia. De la misma forma cuando el punto al final de la recta de salida o llegada con los datos dados por el usuario se ubique fuera de la cartografía, TADIL elaborará una advertencia.

Cabe indicar que el usuario no podrá marcar únicamente la casilla longitud de salida sin especificar el azimut, pero por el contrario sí podrá marcar el azimut sin indicar la longitud de salida. En este último caso TADIL ajustará una recta de salida suficiente para el empalme con la alineación siguiente.

El usuario podrá elaborar nuevas alternativas invirtiendo el punto origen por el punto de destino. Debe destacarse que los trazados en sendos casos suelen diferir en los extremos convergiendo en la zona central y para trazados de escasa longitud podrían incluso tener implantaciones por corredores orográficos diferentes. La razón estriba en que los algoritmos de trazado en la salida y en la entrada difieren a efectos geométricos.

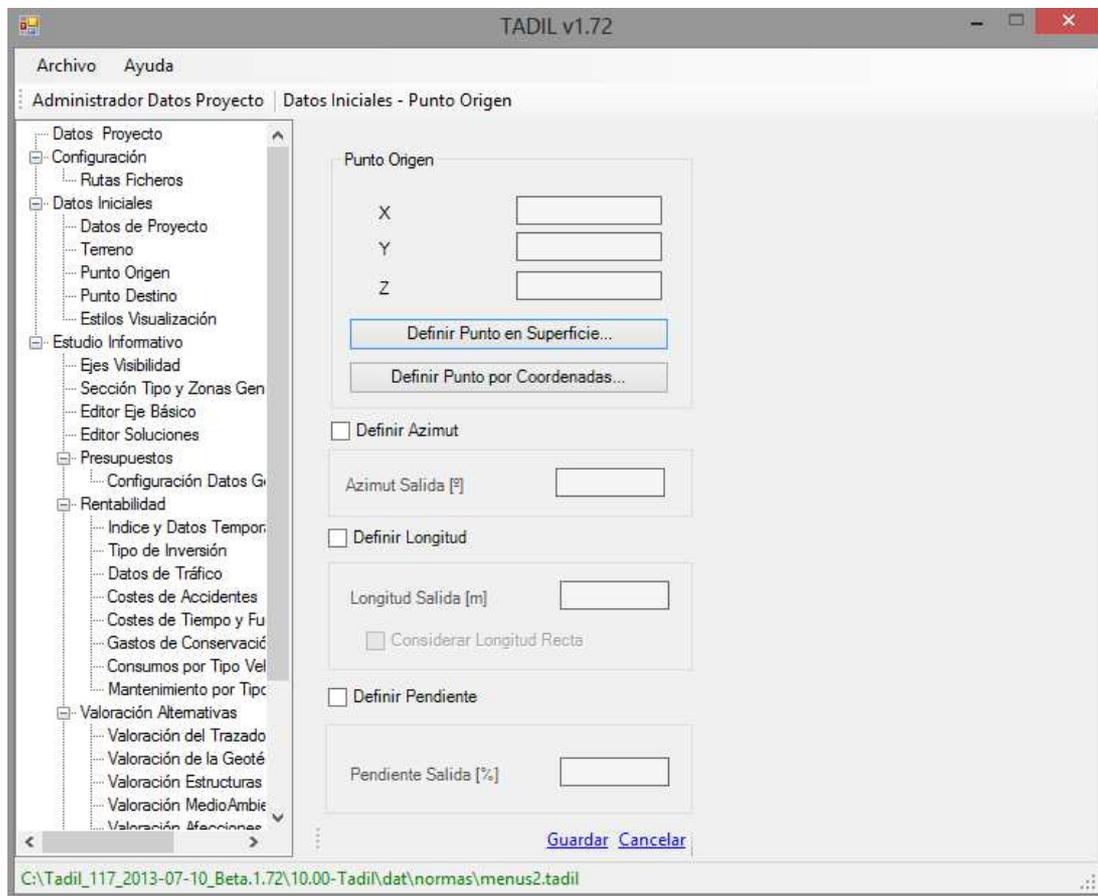


Imagen 7-4. Introducción de punto de salida.

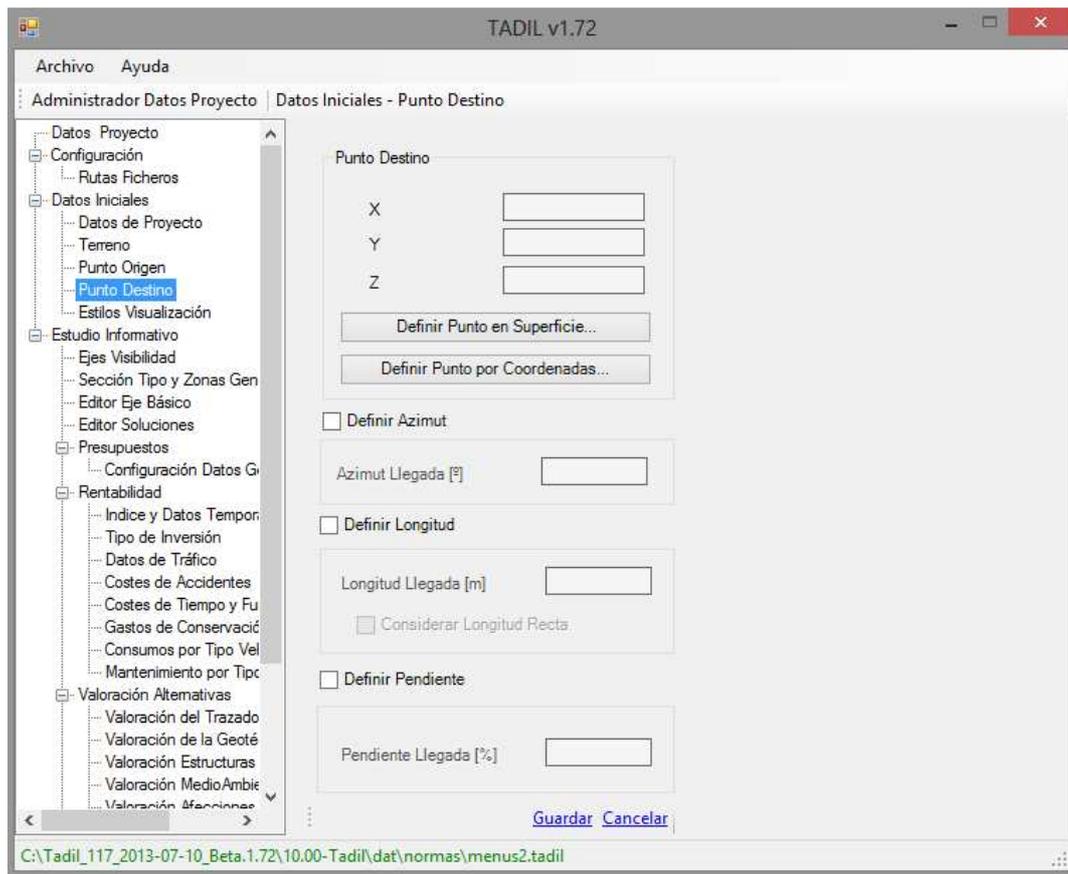


Imagen 7-5. Introducción de punto de llegada.

4. Geometría.

De la misma forma en este apartado la introducción de datos será muy diferente si se pretende realizar un estudio previo o un estudio informativo.

Cuando el usuario esté realizando un estudio informativo sólo tendrá que indicar los valores de pendiente máxima y mínima admisible así como las pendientes máxima y mínima de estructuras. Finalmente indicará la discretización del eje que por defecto será 20 m.

Por el contrario cuando el usuario elabore un estudio previo además de las variables anteriores deberá indicar los siguientes valores que serán de aplicación a todo el territorio:

- ancho de la plataforma en metros.
- talud de desmonte.
- talud de terraplén.
- máximo desmonte y terraplén medido en el eje.
- permitir la generación de estructuras y túneles.
- altura máxima de pila en el caso de permitir estructuras.

Finalmente TADIL permite elaborar análisis de sensibilidad rápidos mediante la aplicación de un coeficiente de minoración de las variables siguientes:

- pendiente máxima de trazado.
- altura máxima de desmonte y terraplén.
- pendiente máxima de estructuras.
- altura máxima de pila.

Cabe indicar que esta herramienta es muy útil para ir obteniendo variaciones de los parámetros de trazado hacia una solución de mayor calidad.

Así por ejemplo, imaginemos una carretera proyectada para 80 km/h con desmontes y terraplenes máximos de 40 m y pendientes del 7% máximas. Una vez obtenidos los trazados pasaríamos a probar con terraplenes y desmontes máximos de 30 m obteniendo nuevas soluciones. Posteriormente lo haríamos modificando la pendiente máxima al 5% y así tendríamos nuevas soluciones. Finalmente podríamos probar con una solución del 5% de pendiente máxima y de 30 m de altura máxima, y así sucesivamente. Obviamente podrá llegar un momento en el que las restricciones sean tan grandes que no sea viable la obtención de un trazado por TADIL. Si además introducidos la posibilidad de que se inserten estructuras y túneles el abanico de alternativas será muy amplio y esto nos permitirá tener una visión muy amplia de las posibilidades de trazado.

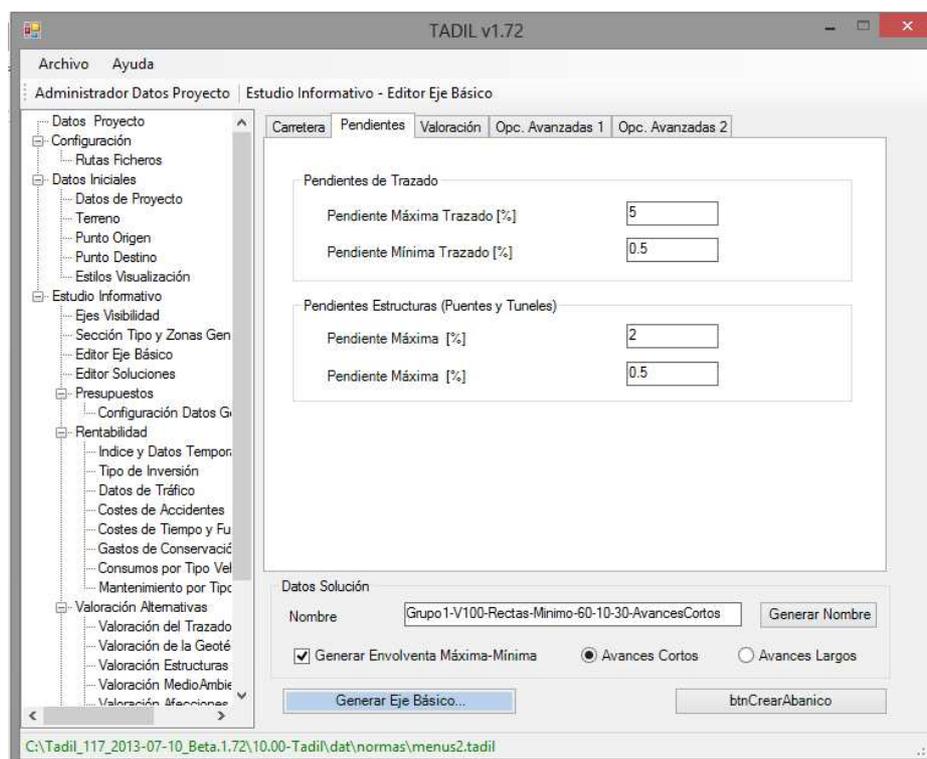


Imagen 7-6. Pendientes máximas.

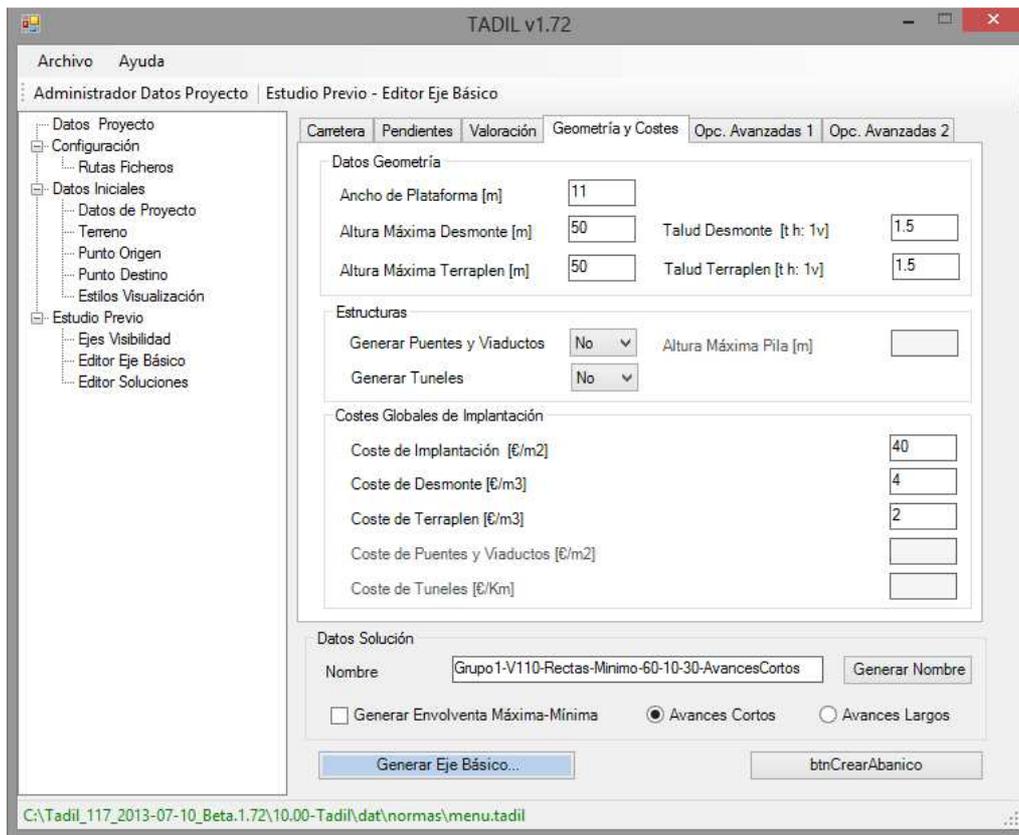


Imagen 7-7. Geometría y costes en la opción de estudio previo.

5. Carretera

En el menú carretera el usuario seleccionará el tipo de carretera a considerar, indicando el grupo, (1 ó 2), y la velocidad de proyecto en km/h.

Como variables de diseño expresará su preferencia por trazados con la inclusión de rectas o por alineaciones curvas. La diferencia entre sendos casos se describe como sigue:

- en la preferencia por alineaciones rectas se buscará la inserción de rectas de la mayor longitud posible acorde a la normativa enlazadas por secuencias de clotoide-curva-clotoide simétricas. En cambios de orientación se insertarán rectas entre las clotoides.
- en la preferencia por curvas en alineaciones en S se insertarán clotoides en S sin recta intermedia en cambios de orientaciones. Por su parte las curvas serán de mayor desarrollo, (el porcentaje de trazado en curva y en clotoide suele ser mayor).

Los valores siguientes se aportan con carácter informativo y corresponden al eje básico de trazado:

- Valor mínimo en la salida y llegada. Hace referencia a la longitud de la alineación del eje básico en los puntos de llegada y salida.
- Aij mínimo y máximo son los valores límites de los avances del eje básico por el territorio.
- Aij Máximo, indica la longitud máxima de avance en el eje básico cuando se escoge la opción de cálculo "Avances Largos".

El submenú Opciones Avanzadas incluye las siguientes opciones:

- Invalidar Tramos con Incrementos de Longitud mayores del porcentaje indicado por el usuario. Esta opción permite que los segmentos de trazados presenten longitudes armoniosas limitando especialmente los incrementos de alineaciones rectas respecto a la anterior.
- Considerar Aij constante impone que todos los avances del eje básico tengan la misma longitud.
- Tolerancia en el punto objetivo, recomienda emplear un porcentaje mayor del 50%, ya que hará que los trazados sean menos sinuosos y más directos. Esta opción permite anticipar los puntos objetivos del eje de visibilidad.
- Abanico ángulo total, ($^{\circ}$), hace referencia al ángulo de proyección de opciones de trazado en el algoritmo de búsqueda local.
- Grados discretización, ($^{\circ}$), hace referencia a la separación de las visuales en el algoritmo de búsqueda local.

En general, el usuario deberá tener experiencia para el empleo de las opciones anteriores, no siendo recomendable la modificación de los valores salvo para pruebas muy específicas de trazado.

Finalmente el usuario para el cálculo automático del perfil longitudinal podrá seleccionar entre valores mínimos u óptimos de acuerdo vertical según la normativa de referencia.

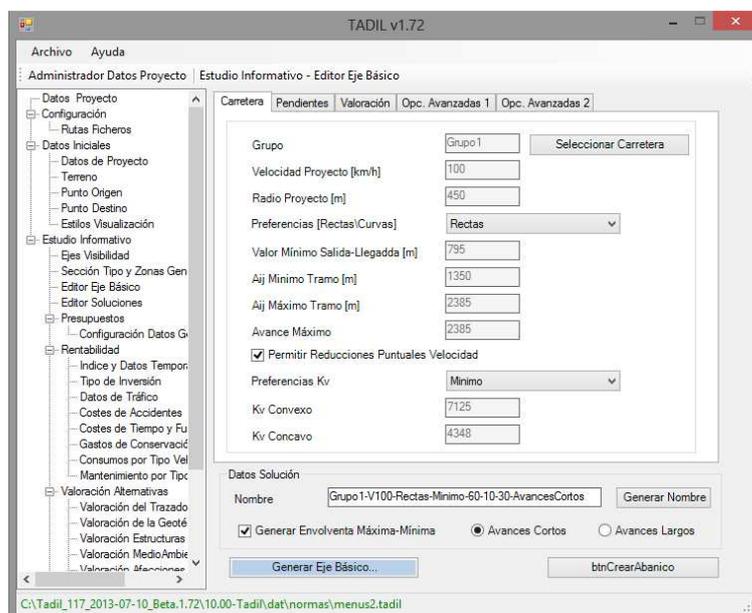


Imagen 7-8. Datos de la infraestructura.

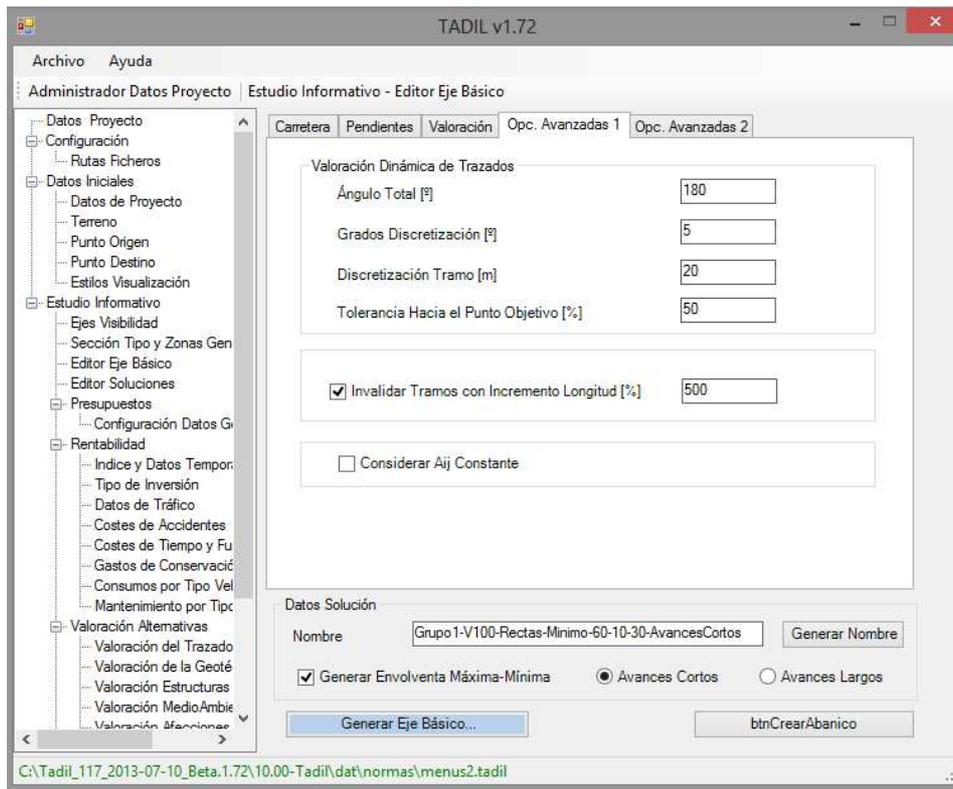


Imagen 7-9. Menú de opciones avanzadas 1.

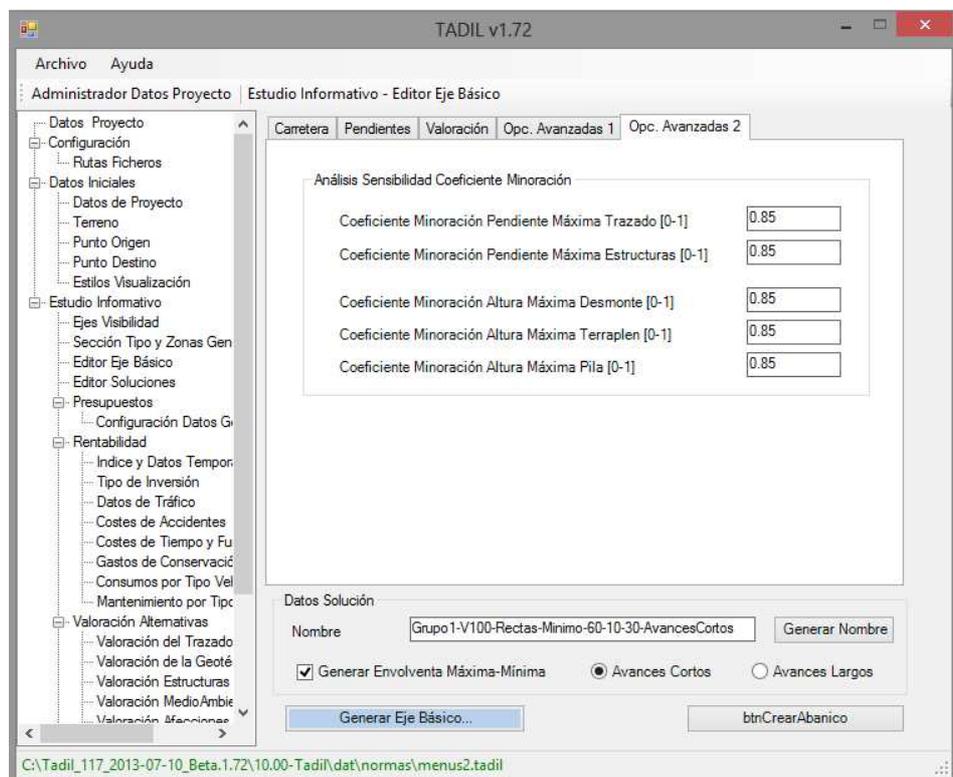


Imagen 7-10. Menú de opciones avanzadas 2.

6. Costes globales.

Este menú estará inoperativo para la opción de estudio informativo ya que los valores se obtienen del menú del Sistema de Información Geográfico y de la base de partidas de obra implementadas.

En el caso de estudio previo el usuario debe indicar los siguientes valores:

- coste de implantación: se refiere al coste de explanada y superestructura incluyendo firmes, que se requiere para la construcción de la infraestructura. El precio lo dará el usuario por metro cuadrado.
- coste de desmonte: se indicará el coste por metro cúbico.
- coste de terraplén: se indica el valor por metro cúbico.
- coste de estructura: se indica un macro-precio por metro cuadrado de tablero.
- coste de túnel: se aporta un macro-precio por metro lineal.

Cuando el usuario esté elaborando un estudio informativo los valores anteriores los obtiene TADIL de la siguiente manera:

- coste de implantación: será la suma del coste de las capas de firme según el precio de cada partida empleada para el pavimento, más el coste de cada capa de la explanada según el precio de las partidas empleadas. Este valor se obtiene punto a punto del trazado, (según la discretización introducida), en función del grupo geotécnico creado en el menú SIG al que pertenece el punto. Este coste se expresa como sigue:

$$CI = \sum EFi \times PFi + \sum EEi \times PEi, \text{ donde:}$$

CI, es el coste de implantación.

EFi, es el espesor de cada capa de firme en metros.

PFi, es el precio de cada capa de firme en euros por metro cúbico.

EEi, es el espesor de cada capa de explanada en metros.

PEi, es el precio de cada capa de explanada en euros por metro cúbico.

- coste de terraplén: será el valor medio de los costes de terraplén con material procedente de empleo y de los costes de terraplén procedente de préstamos, de la partida considerada en el grupo geotécnico al que pertenezca el punto del eje.
- coste de desmonte: de la misma forma será el valor medio de los costes de desmonte a vertedero y de desmonte para empleo en obra de la partida incluida en el grupo geotécnico al que pertenece el punto.
- coste de estructura: corresponde al precio por metro cuadrado de tablero de la tipología de estructura considerada en el ámbito geográfico definido en el menú SIG al que pertenezca el punto.
- coste de túnel: corresponde al precio por metro lineal de la tipología de túnel considerada en el ámbito geográfico definido en el menú SIG al que pertenezca el punto.

Cabe indicar que en la valoración dinámica de trazados TADIL no cuantifica otras partidas tales como señalización, drenaje, reposiciones, etc... en tanto en cuando se considera que estos valores serán similares a todas las posibles alternativas y acordes a la categoría de infraestructura que se proyecta. El objeto final es poder comparar de forma dinámica entre posibles itinerarios en los que a coste de volumen de tierras, firmes y explanadas o estructuras y túneles se refiere.

7. Valoración dinámica de alternativas.

En la valoración dinámica de alternativas TADIL considera tres factores:

- acercamiento al punto de destino.
- orografía del terreno donde se implanta dado por la máxima pendiente del modelo digital del terreno.
- coste global.

El usuario deberá indicar porcentajes que de ponderación que sumen el 100%.

Lo normal en la mayoría de trazados será primar el coste de la infraestructura, luego la cercanía al punto de destino y finalmente la orografía de implantación. Sin embargo, primando la cercanía al destino obtendrá trazados más cortos y rápidos.

Si el usuario considerara el 100% de peso para coste global seguramente obtendría un trazado con menor volumen de excavaciones pero menos directo que introduciendo un porcentaje de valoración por cercanía.

Para una valoración del 100% del acercamiento al punto de destino se obtendrá un trazado muy directo pero con mayor coste de construcción.

Finalmente la introducción de la variables orografía del terreno permite primar la implantación de trazados por terrenos más llanos; si combinamos esta variable con la generación de zonas de no paso por orografía de gran pendiente podremos obtener trazados con una implantación en zonas más "amables" y por consiguiente de mayor facilidad constructiva. En cualquier caso esta variable por lo general no debería ponderarse más allá del 30% y con valores entre el 10% y 20% supone la introducción de un parámetro de calidad en el diseño de la infraestructura.

La modificación de los porcentajes de los valores anteriores según varias hipótesis permitirá obtener múltiples alternativas por el territorio enriqueciendo el nivel y la profundidad del estudio. En el caso de estudios informativos tales alternativas podrán ser analizadas mediante una evaluación multicriterio.

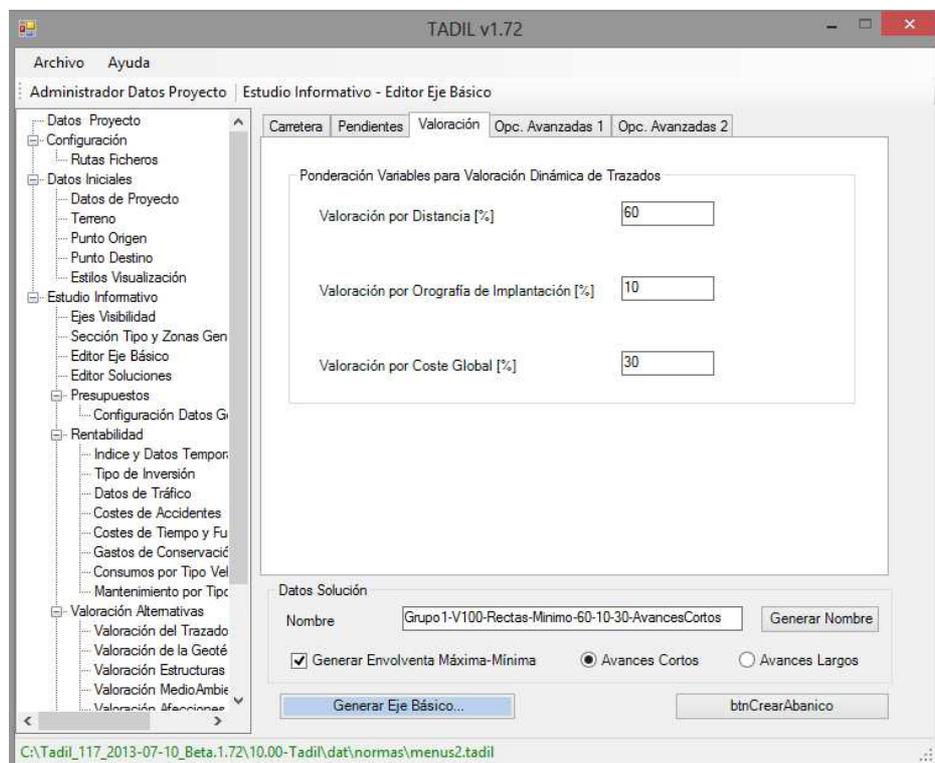


Imagen 7-11. Criterios de valoración dinámica.

8. Puntos Target.

Los puntos target o puntos objetivos son puntos que se insertan en el territorio y a los que pretendemos que se acerquen nuestros trazados.

TADIL permite introducir hasta cinco puntos target QUITAR ejes de visibilidad manuales como polilíneas cuyos vértices son los puntos target. El usuario deberá ubicar los puntos en espacios orográficos que no estén ubicados dentro de zonas de no paso. De la misma forma si el usuario genera zonas de no paso por espacios abruptos de gran pendiente deberá tener en cuenta que los puntos target no se encuentren en estas zonas, ya que de lo contrario serán descartados.

Debe recordarse que la introducción de puntos target permite el acercamiento de los trazados a los mismos no teniendo obligatoriamente que pasar por ellos.

Los puntos target suponen que el eje de visibilidad automático del trazado no se empleará.

Los puntos target además pueden tener un doble objetivo y que consiste en forzar a que los trazados hagan un barrido por el territorio. Así el usuario podrá ir calculando alternativas e ir guardándolas; con la modificación de los puntos target podremos ir obteniendo soluciones que discurran por otros corredores enriqueciendo el estudio de alternativas.

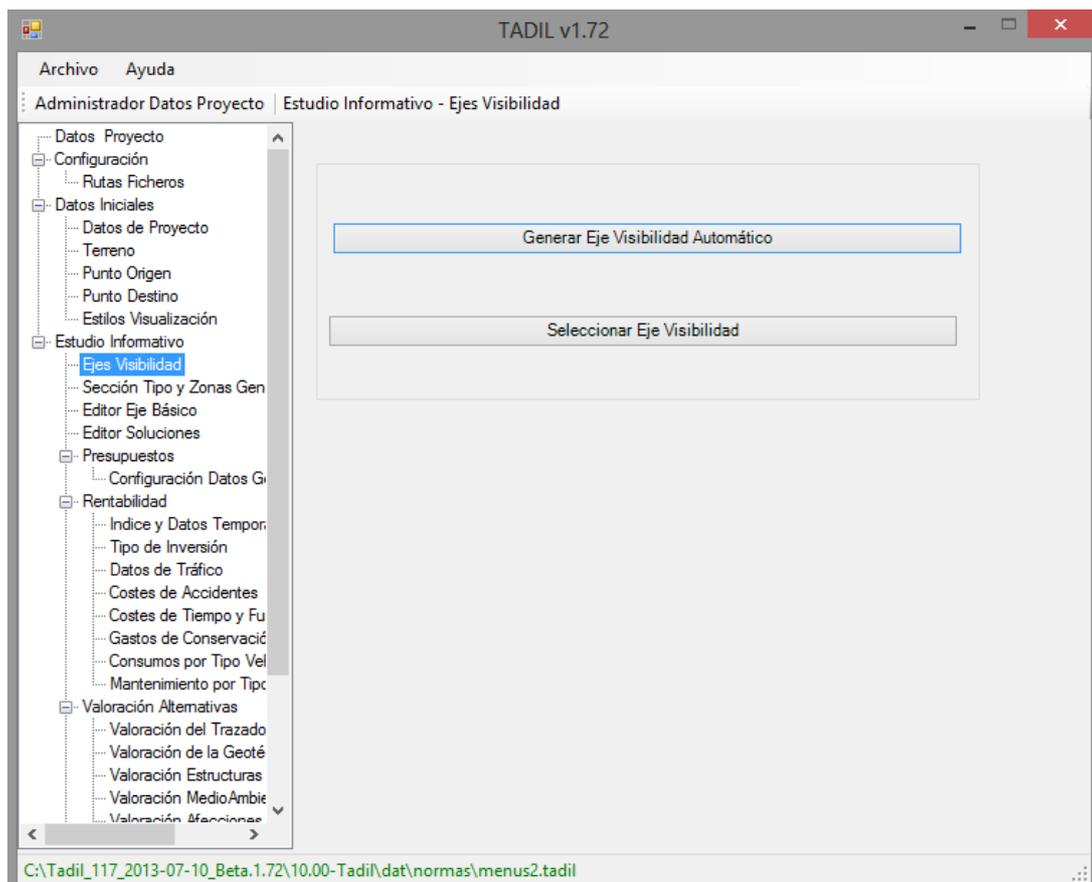


Imagen 7-12. Ejes de visibilidad automáticos o manuales, (puntos targets).

SOFTWARE TADIL

TÉCNICAS DE AUTOTRAZADO PARA EL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURAS LINEALES

CAPÍTULO 7. GENERACIÓN DE TRAZADOS.

SUB-CAPÍTULO 2. GENERACIÓN DE TRAZADOS

1. Procedimientos de cálculo de trazados.

Llegados a este punto, tanto en el caso de estudio informativo como en estudio previo el usuario estará en disposición de poder generar alternativas de trazado por el territorio.

El usuario podrá optar por dos formas generales de obtener trazados:

- avances cortos.
- avances largos.

La diferencia radica en el procedimiento de búsqueda local de trazados en el territorio:

- con el procedimiento de avances cortos se obtienen alineaciones que permiten una mejor adaptación al territorio con longitud de alineaciones acordes a la normativa considerada.
- con el procedimiento de avances largos se obtienen alineaciones con la máxima longitud establecida por normativa y un trazado más simple con menos alineaciones. Aunque a priori este trazado pueda resultar más atractivo por lo general será de mayor inversión que los obtenidos con avances cortos.

En ambos casos el usuario una vez calculada la alternativa podrá obtener dos sub-variantes, (envolventes de máximos y mínimos).

En sendas sub-variantes se obtienen los puntos de la envolvente de los ejes básicos de trazado de la alternativa padre. La sub-variante de envolvente de máximos se obtiene orientando los itinerarios a estos puntos máximos y de la misma forma la envolvente de mínimos orientando a los puntos mínimos. De esta forma puntos máximos y mínimos se convierten en puntos target. En algunos casos se demuestra una clara optimización en la longitud del trazado.

Aplicando uno de los procedimientos, (avances cortos y largos), y obteniendo las envolventes, (máximo y mínimo), el usuario podrá obtener tres sub-variantes por alternativa padre. Si además aplicamos los dos procedimientos y sus envolventes las sub-variantes serán seis.

Finalmente el usuario podrá activar "permitir incumplimientos de giros y longitudes en zonas de escasa acogida"; con esta función se facilita el estudio de itinerarios siendo más fácil la búsqueda de corredores. En una segunda fase el usuario podrá desactivar esta opción si desea una mejor adaptación a la normativa de partida.

En el siguiente apartado vamos a ver cómo es posible aumentar de forma considerable el número de alternativas a estudiar.

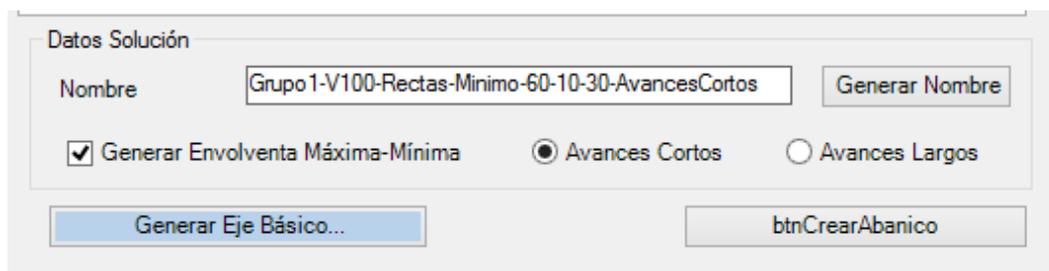


Imagen 7-13. Generación de trazados.

2. Procedimiento de generación de alternativas.

Cómo hemos visto en el apartado anterior con una alternativa padre podrán obtenerse hasta seis sub-variantes.

Para enriquecer la capacidad de análisis y aprovechar las posibilidades de TADIL el usuario podrá generar nuevos archivos modificando las variables que se introducen en el programa; en particular el usuario podrá analizar el efecto de modificar las siguientes variables:

- geometría: modificando los valores de desmonte máximo y terraplén, altura máxima de pila, pendiente máxima de trazado y de estructura, bien directamente, bien mediante la aplicación de coeficientes reductores.
- tipo de carretera, (velocidad de proyecto).
- conmutación del punto de salida por el de llegada.
- modificando las ponderaciones en la valoración dinámica de trazados.
- introduciendo puntos targets por el territorio; en este último caso la aplicación de puntos targets permitirá elaborar itinerarios por otros corredores.

El usuario para cada modificación guardará el nombre del trazado padre pudiendo generar sub-variantes por envolventes y obteniendo resultados para avances rápidos y cortos.

Como puede observarse aplicando este procedimiento el usuario podrá generar cientos de alternativas por el territorio.

SOFTWARE TADIL

TÉCNICAS DE AUTOTRAZADO PARA EL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURAS LINEALES

CAPÍTULO 7. GENERACIÓN DE TRAZADOS.

SUB-CAPÍTULO 3. SALIDAS

1. Obtención de datos.

Los datos de las alternativas que el usuario podrá obtener dependerá del tipo de estudio que desarrolle:

- en el caso de estudio previo, el usuario podrá obtener gráficamente el eje de trazado en planta y el perfil longitudinal, así como los listados de planta y perfil.
- en el caso de estudio informativo además de lo anterior el usuario podrá obtener el dibujo en planta de movimiento de tierras y las secciones transversales.

En la opción de estudio informativo el usuario una vez calculado el trazado podrá pasar a obtener los listados del balance de tierras y de presupuesto en el menú presupuesto, la viabilidad económica en el menú rentabilidad y finalmente la valoración multi-criterio de las alternativas que haya seleccionado.

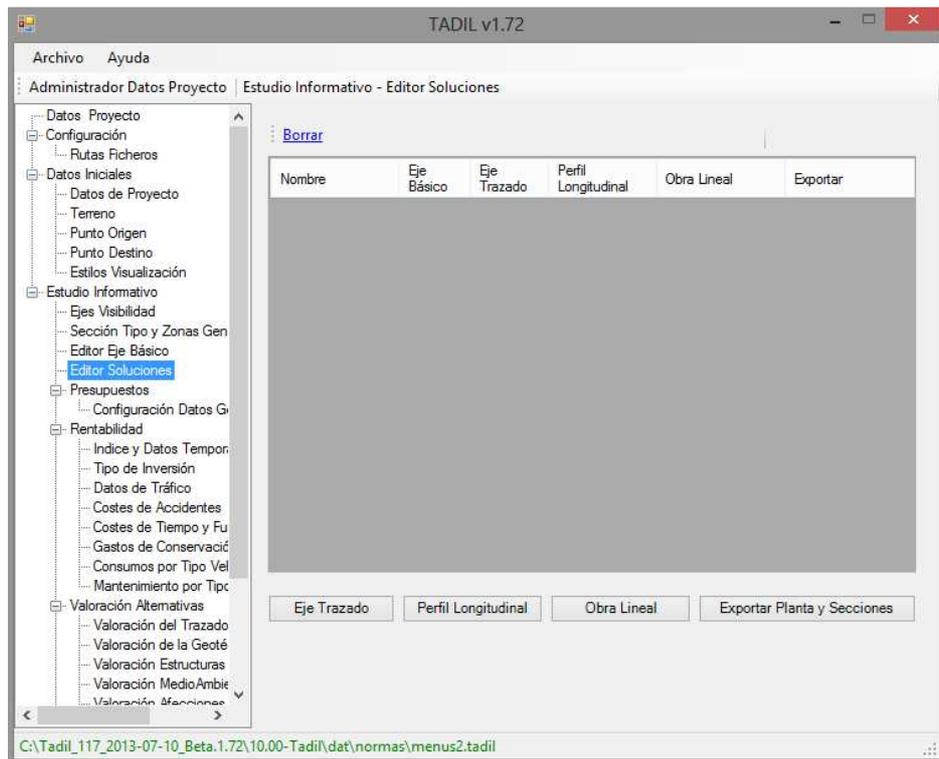


Imagen 7-14. Menú de salidas.