

UNIVERSIDAD DE OVIEDO

ESCUELA POLITÉCNICA DE MIERES

**EJEMPLOS DE APLICACIÓN DE MODEL
BUILDER DE ARC GIS 10 EN LA GESTIÓN
FORESTAL**

TRABAJO FIN DE MÁSTER

AUTOR : EMMANUEL FERNÁNDEZ GARCÍA

**DIRECTOR: PEDRO ÁLVAREZ ÁLVAREZ
CELESTINO ORDOÑEZ GALÁN**

JULIO 2012

INDICE

RESUMEN	4
ABSTRACT	4
I. INTRODUCCIÓN	5
1.1. SIG Y GESTIÓN FORESTAL	5
1.2. MODEL BUILDER EN ARC GIS 10	8
1.2.1. GENERALIDADES	8
1.2.2. APLICACIONES	8
1.2.3. ENTORNO DE MODEL BUILDER	9
1.3. OTROS MODELOS DE GEOPROCESAMIENTO: USO DE SECUENCIAS DE COMANDOS	12
II. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	14
III. MATERIAL Y MÉTODOS	15
3.1. GEOPROCESAMIENTO Y MODELOS DE GEOPROCESAMIENTO ..	15
3.1.1. CARACTERÍSTICAS DEL MARCO DE GEOPROCESAMIENTO: UN MARCO PARA CREAR Y ADMINISTRAR SOFTWARE	17
3.1.2. EL GEOPROCESAMIENTO Y ARCOBJECTS	18
3.2. MODEL BUILDER: UN TIPO DE MODELO DE GEOPROCESAMIENTO	19
3.2.1. CLASIFICACIÓN DE HERRAMIENTAS EMPLEADAS EN MODEL BUILDER ARC GIS 10	20
3.2.2. APLICACIONES DE MODEL BUILDER	21
3.2.2.1. MODEL BUILDER PARA EJECUTAR HERRAMIENTAS	21
3.2.2.1.1. Variable de modelo	21
3.2.2.1.2. Elemento de herramienta	22
3.2.2.1.3. Cuadro de diálogo Herramienta	22
3.2.2.1.4. Parámetros de herramienta	22
3.2.2.1.5. Proceso de modelo	23
3.2.2.1.6. Configuración del entorno	23
3.2.2.1.7. Datos intermedios	24
3.2.2.1.8. Administrar datos	24
3.2.2.1.9. Datos derivados incompletos	25

3.2.2.1.10. Validar un modelo	25
3.2.2.1.11. Ejecutar un modelo dentro de ModelBuilder	25
3.2.2.1.12. Estado de un modelo	26
3.2.2.2. MODEL BUILDER PARA CREAR HERRAMIENTAS	28
3.2.2.2.1. Variable de modelo	28
3.2.2.2.2. Elemento de herramienta	29
3.2.2.2.3. Cuadro de diálogo Herramienta	29
3.2.2.2.4. Parámetros de herramienta	29
3.2.2.2.5. Cuadro de diálogo de herramienta de modelo	29
3.2.2.2.6. Parámetros de modelo	29
3.2.2.2.7. Orden del parámetro de modelo	30
3.2.2.2.8. Filtro de parámetro de modelo	31
3.2.2.2.9. Simbología de salida de modelo	32
3.2.2.2.10. Ejecutar una herramienta de modelo	32
3.2.2.2.11. Administrar datos intermedios	32

IV. RESULTADOS Y DISCUSION 34

4.1. EJEMPLO 1. OBTENCIÓN DE DIVERSAS CAPAS A PARTIR DE UN FICHERO DGN DE CARTOGRAFÍA DIGITAL DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS	34
4.1.1. CAPA: CURVAS DE NIVEL	35
4.1.2. CAPA: HIDROGRAFÍA	37
4.1.3. CAPA: PUNTOS DE COTA	38
4.2. EJEMPLO 2. PLANIFICACIÓN DE TRABAJOS FORESTALES EN ZONAS DE PENDIENTE HOMOGÉNEA	39
4.2.1. GENERAR UNA TRIANGULACIÓN (TIN) A PARTIR DE CURVAS DE NIVEL, HIDROGRAFÍA Y PUNTOS DE COTA	40
4.2.1 MDE	41
4.2.2. MODELO PENDIENTES	41
4.2.3. FILTRADO	42
4.2.4. RECLASIFICACIÓN	42
4.2.5. MODELO COMPLETO	42
4.3. EJEMPLO 3. OBTENCIÓN DE ZONAS ADECUADAS PARA ESTABLECER UNA PLANTACIÓN DE ROBLES (<i>Quercus robur</i> L.)	43
4.3.1. DATOS DE PARTIDA	44

4.3.2. CONSTRUCCIÓN DEL TIN	45
4.3.2. CONSTRUCCIÓN DEL MDE	45
4.3.3. MODELOS DERIVADOS	45
4.3.4. RECLASIFICACIÓN	45
4.3.5. ALGEBRA DE MAPAS	47
4.3.6. MODELO COMPLETO	48
V. CONCLUSIONES	50
VI. BIBLIOGRAFIA	51
6. 1. BIBLIOGRAFÍA	51
6.2. BIBLIOGRAFÍA ELECTRÓNICA	51

RESUMEN

En un determinado ámbito de trabajo con sistemas de información geográfica (SIG) hay ciertas tareas que se hacen repetitivas en el tiempo. El programa Arc Gis 10 incluye una herramienta denominada Model Builder que utiliza un lenguaje de programación visual y permite la modelización ese tipo de tareas de forma que se consigue un ahorro de tiempo muy notable.

La aplicación de esta herramienta en el campo forestal ayuda a modelizar cantidad de procesos y aquí se mostrarán a modo de ejemplo algunos de ellos, siendo el campo de aplicación muy amplio.

Palabras clave: SIG, Model Builder, Arc Gis 10, modelización

ABSTRACT

In a particular work area with GIS there are certain tasks that are repetitive over time. The Arc Gis program 10 includes a tool called Model Builder that uses a visual programming language and allows modeling this type of work so that you get a very significant time savings.

The application of this tool in forestry aid to model many processes and are shown here as an example some of them, being very broad scope.

Key words: GIS, Model Builder, Arc Gis10, modeling

I. INTRODUCCIÓN

1.1. SIG Y GESTIÓN FORESTAL

La comodidad y potencia que ofrecen los denominados Sistemas de Información Geográfica (GIS) para la planificación y estudio de determinadas áreas que necesitan información física de las características del terreno, ha extrapolado su utilización a un gran número de actividades para las cuales, en un principio, no habían sido diseñados.

La gestión de los recursos forestales requiere la integración de gran número de datos referenciados en el espacio y en el tiempo. Para el manejo y análisis de toda esta información los SIG son en la actualidad una herramienta imprescindible en la toma de decisiones respecto al manejo de los recursos, siendo especialmente interesantes en la valoración de los recursos forestales (inventario, seguimiento y determinación de la idoneidad de localización) y en el manejo de los recursos (análisis, modelización, y predicciones para la toma de decisiones de gestión).

El proceso de planificación forestal incluye diversas actividades que se pueden agrupar en: recopilación de información, análisis, toma de decisiones y confección del programa. Éstas tienen que llevarse a cabo antes de realizar cualquier acción sobre el recurso forestal y su finalidad es mejorar la productividad, calidad de los productos, seguridad en el trabajo y minimizar los impactos al medio ambiente (Mena et al. 2006).

Es así que el proceso se fundamenta en la utilización de una gran cantidad de información que debe ser almacenada, gestionada, modelada, analizada, simulada y visualizada de manera dinámica y flexible; aspectos muy importantes puesto que su propósito final es obtener información relevante, confiable, oportuna y precisa para llevar a cabo un adecuado proceso de toma de decisiones.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) a través de sus múltiples herramientas y aplicaciones, permiten gestionar, analizar y generar toda la información relevante para una adecuada planificación de actividades relacionadas con el sector forestal. La integración de Teledetección y SIG

constituyen una herramienta idónea para la planificación de actividades desarrolladas durante el manejo y aprovechamiento forestal, ya que en conjunto permiten generar y analizar información considerando las componentes espaciales, temáticos y temporales de la información, entregando una visión real, precisa y completa del territorio en intervención (Mena et al. 2006).

Entre las diversas aplicaciones de los SIG a las actividades forestales podemos mencionar las siguientes:

- **Inventario forestal:**

Los SIG pueden ser considerados como una adecuada herramienta para la planificación y análisis de los inventarios forestales (Bell, 1999). De hecho, la utilización de los SIG en la planificación de inventarios forestales ha sido muy recurrente puesto que el diseño físico del inventario, definido en términos de la asignación de unidades muestrales se efectúa en forma automatizada determinando el tipo de muestreo a efectuar (aleatorio simple, estratificado o sistemático). (Corvalán y Hernández, 1999)

- **Ciclo forestal:**

La plantación de bosques debe planificarse muy bien puesto que es una de las actividades del ciclo económico forestal que genera una mayor cantidad de impactos ambientales en conjunto con la construcción de caminos. En este sentido los SIG juegan un papel preponderante dentro de la planificación táctica y estratégica, puesto que actualmente las operaciones de cosecha demandan gran cantidad de información, presentándose en forma alfanumérica (inventarios, productos, equipos, manejo, permisos, restricciones legales y ambientales) y en forma gráfica (curvas de nivel, caminos, pendientes, áreas de protección, límites, cursos de agua, entre otros). Esta información es altamente dinámica, puesto que durante el ciclo vegetal el bosque cambia, y por tanto, las coberturas e información vinculadas. (Sapunar et al. 1999)

- **Ordenación y gestión de los recursos forestales:**

La realización de modelos que permitan simular el comportamiento de ecosistemas enteros es una de sus principales aplicaciones. La integración de datos de diversa índole (climáticos, topográficos, hidrológicos) referidos a un mismo lugar geográfico, hace posible la realización de modelos de simulación y respuesta a determinados sucesos. Destaca su gran difusión en la ordenación

de los recursos de Parques Naturales, donde la gestión de múltiples recursos y usos es una tarea de especial relevancia (Sanchez et al. 1999).

- **Diseño de vías y caminos forestales:**

El trazado de la red de accesibilidad debe considerar la zonificación por riesgo potencial a la erosión, remoción o deslizamiento, evitando la construcción en zonas de alta o muy alta fragilidad (Gayoso y Alarcón, 1999).

- **Defensa del monte:**

La utilización de SIG en relación con los incendios forestales tiene aplicaciones en varios aspectos como la prevención, la detección y el control y seguimiento de la evolución. En el área de las plagas forestales pueden señalarse como aplicaciones principales de los SIG la determinación de zonas de riesgo, el seguimiento del comportamiento y evolución de plagas, y el diseño de redes de trampas y puntos de control. La fotografía aérea cuenta aquí con una especial relevancia en cuanto a la adquisición de datos. Se complementa con las imágenes de satélite y su análisis posterior con SIG. (Sánchez et al. 1999).

- **Fauna terrestre:**

Se han recogido numerosos ejemplos de aplicaciones de los SIG a la gestión de especies concretas. Se recogen también aplicaciones de SIG en el manejo de los hábitats de fauna silvestre, en la valoración de los cambios a los que están expuesto y en la realización de índices de abundancia y censos. (Sánchez et al. 1999)

- **Gestión ambiental:**

Dentro de este ámbito la utilización de los SIG en las decisiones de política forestal y la gestión de cambios a corto plazo son algunas de las aplicaciones observadas. Destacan entre los proyectos efectuados la realización de políticas ambientales basándose en los datos proporcionados por el Proyecto CORINE (escala 1: 100000) y el SIG ARC/INFO, realizando cartografía temática de diferentes aspectos que permita tomar medidas realistas en cuanto a la gestión ambiental. Otros aspectos como la contaminación de aguas y sus consecuencias en la vegetación de ribera es otra de las áreas en la que la aplicación de los SIG posibilita un estudio y seguimiento óptimo. (Sánchez et al. 1999).

1.2. MODEL BUILDER EN ARC GIS 10

A continuación se hablará de ciertos aspectos relevantes de la herramienta Model Builder de Arc Gis 10.

(<<http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/na/002w000000101000000/>> [Consulta: julio de 2012]

1.2.1. GENERALIDADES

ModelBuilder es una aplicación que se utiliza para crear, editar y administrar modelos. Los modelos son flujos de trabajo que encadenan secuencias de herramientas de geoprocésamiento y suministran la salida de una herramienta a otra herramienta como entrada. ModelBuilder también se puede considerar un lenguaje de programación visual para crear flujos de trabajo.

Muchas de las tareas realizadas con SIG requieren repetición del trabajo y esto crea la necesidad de contar con métodos para automatizar, documentar y compartir procesos realizados en varios pasos conocidos como flujos de trabajo. El geoprocésamiento admite la automatización de los flujos de trabajo al proporcionar un amplio conjunto de herramientas y un mecanismo para combinar una serie de herramientas en una secuencia de operaciones mediante modelos y secuencias de comandos.

1.2.2. APLICACIONES

ModelBuilder es muy útil para construir y ejecutar flujos de trabajo sencillos, pero también proporciona métodos avanzados para ampliar la funcionalidad de ArcGIS, ya que permite crear y compartir los modelos a modo de herramienta.

Los beneficios de utilizar ModelBuilder pueden resumirse como sigue:

- ModelBuilder es una aplicación fácil de usar para crear y ejecutar flujos de trabajo que contienen una herramienta de secuencia de comandos.
- Se pueden crear herramientas. Las herramientas creadas con ModelBuilder se pueden utilizar en secuencias de comandos de Python y otros modelos.
- ModelBuilder, junto con las secuencias de comandos, es una forma de integrar ArcGIS en otras aplicaciones.

- ModelBuilder es la forma de crear modelos y herramientas de modelo. Un modelo no es más que una secuencia de herramientas y datos encadenados; la salida de una herramienta se suministra a la entrada de otra. Cuando se guarda un modelo, se convierte en una herramienta de modelo.

Existen dos usos principales de ModelBuilder:

- Ejecutar inmediatamente una secuencia de herramientas
- Crear herramientas que se pueden utilizar como cualquier otra (desde el cuadro de diálogo de la herramienta, desde secuencias de comandos Python o en otro modelo).

1.2.3. ENTORNO DE MODEL BUILDER

En primer lugar se describirán los elementos del modelo que utiliza Model Builder en su lenguaje. Decir que Model Builder cuenta con tres elementos básicos, las herramientas propiamente dichas, las variables y los conectores. A continuación, vemos en detalle cada uno de ellos.

- Herramientas: Las herramientas de geoprocésamiento son los bloques de construcción básicos de flujos de trabajo en un modelo. Las herramientas llevan a cabo varias acciones en datos geográficos o tabulares. Cuando se agregan herramientas a un modelo, se convierten en elementos de modelo.
- Variables: Las variables son elementos de un modelo que contienen un valor o una referencia a datos almacenados en el disco. Hay dos tipos de variables:
 - Datos: Las variables de datos son elementos de modelo que contienen información descriptiva sobre los datos almacenados en el disco. La información de campo, la referencia espacial y la ruta son ejemplos de propiedades de datos que se describen en una variable de datos.
 - Valores: Las variables de valor son valores como cadenas de caracteres, números, booleanos (valores verdadero/falso), referencias espaciales, unidades lineales o extensiones. Las

variables de valor contienen de todo excepto referencias a datos almacenados en el disco.

- **Conectores:** Los conectores conectan datos y valores a herramientas. Las flechas de conexión indican la dirección del procesamiento. Hay cuatro tipos de conectores:
- **Datos:** Los conectores de datos conectan datos y variables de valor a herramientas.
- **Entorno:** Los conectores de entorno conectan una variable que contiene una configuración del entorno (datos o valor) a una herramienta. Cuando se ejecuta la herramienta, utiliza la configuración del entorno.
- **Condición previa:** Los conectores de condición previa conectan una variable a una herramienta. La herramienta se ejecutará sólo después de que se haya creado el contenido de la variable de la condición previa.
- **Comentarios:** Los conectores de retroalimentación conectan la salida de una herramienta de nuevo a la misma herramienta como entrada.

En el siguiente diagrama (figura 1.1) se muestra la clasificación los elementos del modelo en ModelBuilder:

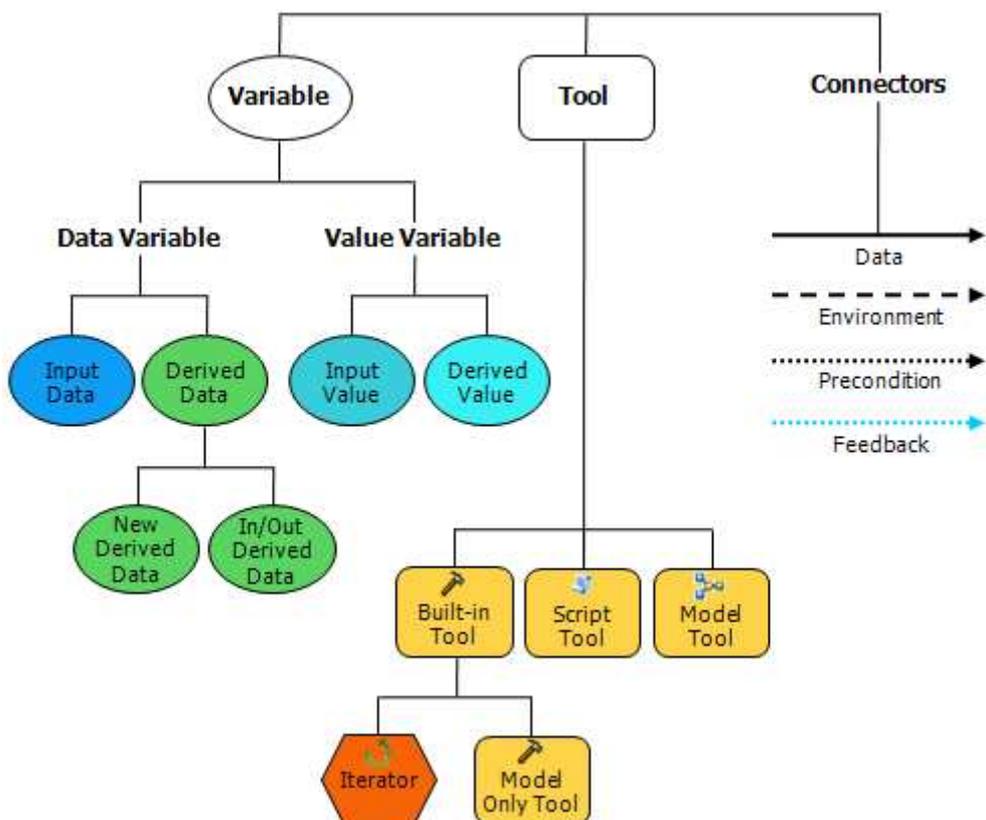
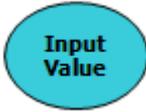


Figura 1.1. Clasificación de los distintos elementos de modelo en Model Builder.

Tabla 1.1. Descripción de los elementos del modelo.

<i>Elemento</i>	<i>Imagen</i>	<i>Descripción</i>
Variable de datos		Datos existentes agregados a un modelo. Por lo general, las variables de datos son el resultado de especificar los parámetros de entrada de una herramienta. Estos datos existentes se suelen conocer como datos de proyecto.
Variable de datos de salida o derivados		Los datos de salida o derivados son datos nuevos creados por una herramienta en el modelo. Cuando se agrega una herramienta a un modelo, se crea automáticamente una variable para los datos derivados de la herramienta y se conecta a la herramienta.
Variable de valor		Los valores que se introducen en una herramienta.
Variable de valor		Los valores que son el resultado de una herramienta. Los valores derivados pueden ser entradas para otras herramientas.
Herramientas		Built-in tool. These tools are built using ArcObjects and a compiled programming language like .NET. Las herramientas integradas suelen ser herramientas del sistema (instaladas con ArcGIS).
		Los iteradores son herramientas que repiten la misma operación o aplican un bucle en un conjunto de datos de entrada o valores. Los iteradores sólo funcionan dentro de ModelBuilder, no en secuencias de comandos.
		Las herramientas Sólo modelo suelen mejorar ModelBuilder desde un punto de vista funcional y sólo funcionan dentro de ModelBuilder, no en secuencias de comandos.
		La herramienta con esta simbología es la herramienta <u>Detener</u> (Sólo modelo). Esta herramienta se diferencia de otras herramientas Sólo modelo en la simbología del modelo (se parece a una señal de stop roja).
		Script tool. These tools are created using the Script tool wizard and they run a script file on disk, such as a Python file (.py), AML file (.aml), or executable (.exe or .bat).
		Herramienta modelo . Un modelo es un conjunto de herramientas conectadas entre sí que representan un flujo de trabajo. Una herramienta de modelo se puede ejecutar desde su cuadro de diálogo o agregarse y utilizarse en otro modelo o en una secuencia de comandos.

1.3. OTROS MODELOS DE GEOPROCESAMIENTO: USO DE SECUENCIAS DE COMANDOS

Se puede utilizar un lenguaje de secuencia de comandos para crear un software nuevo y útil. Un programa que utiliza un lenguaje de secuencia de comandos es una secuencia de comandos.

En el mundo de la programación de software, los lenguajes se pueden dividir en dos categorías básicas: lenguajes de sistema y lenguajes de secuencia de comandos. Los lenguajes de sistema, como C++ y .NET, se utilizan para crear aplicaciones desde cero por medio de primitivas de bajo nivel y recursos de bajo nivel del equipo. Los lenguajes de secuencia de comandos, como Python y Perl, se utilizan para unir aplicaciones por medio de las funciones integrales de más alto nivel del equipo, al mismo tiempo que ocultan las bases estructurales con las que trabaja el programador de lenguajes de sistema. Comparados con los lenguajes de sistema, los lenguajes de secuencia de comandos son fáciles de aprender y utilizar: solo se necesita comprender los aspectos básicos de la programación para ser productivo.

En el marco de geoprocesamiento, las secuencias de comandos son iguales a los modelos en que se pueden utilizar para crear nuevas herramientas. Los modelos se crean con un lenguaje de programación visual (ModelBuilder), y las secuencias de comandos se crean con un lenguaje basado en texto y editores de texto.

Al igual que los modelos, las secuencias de comandos son herramientas. Se puede introducir una secuencia de comandos en una caja de herramientas personalizada mediante un asistente paso a paso, y se convertirá en otra herramienta más a utilizar en un modelo o en otra secuencia de comandos. Varias herramientas del sistema son secuencias de comandos. Técnicamente, se pueden escribir secuencias de comandos sin introducirlas en una caja de herramientas. En este caso, la secuencia no es una herramienta, sino una secuencia de comandos independiente en el disco.

Seguidamente se exponen una serie de razones por las cuales se hace más conveniente utilizar secuencias de comandos:

- Es posible que en algún momento necesitemos lógica de programación más avanzada, como una ejecución condicional y un manejo de errores avanzado; estructuras de datos más avanzadas, como diccionarios y

listas; o más funcionalidad, como funciones de manipulación de cadenas de texto, matemática y archivos. Muchos lenguajes de secuencia de comandos se extienden con bibliotecas de terceros para adecuarse a características como matemática y estadística avanzadas, automatización Web, consultas de bases de datos y utilidades de sistema avanzadas.

- Existen algunas funciones de geoprocésamiento de bajo nivel disponibles solo para secuencias de comandos. Existen funciones que permiten el acceso a las propiedades de los datos de ArcGIS, tales como la extensión de una clase de entidad o la gran cantidad de propiedades de campos individuales en una tabla.
- Las secuencias de comandos son ideales para unir otros tipos de software, es decir, armar conjuntos de aplicaciones.
- Las secuencias de comandos se pueden ejecutar fuera de ArcGIS, es decir que puede ejecutar una secuencia de comandos directamente desde la línea de comandos del sistema operativo. (<http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/na/002s00000001000000/> > [Consulta: julio de 2012]

II. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

En un determinado ámbito de trabajo hay ciertas tareas que se hacen repetitivas en el tiempo. El programa Arc Gis 10 incluye una herramienta denominada Model Builder que utiliza un lenguaje de programación visual y permite diseñar flujos de trabajo. Diseñando un proceso de trabajo se consigue un ahorro de tiempo ya que logramos incluir todas las herramientas y parámetros de forma sistemática sin tener que realizar las tareas paso a paso.

Como objetivos del presente trabajo podemos citar los siguientes:

- Comprender la utilidad de la herramienta Model Builder.
- Aplicar esta herramienta a ejemplos de procesos de diversa dificultad relacionados con la actividad forestal.
- Comparar Model Builder con las herramientas convencionales de Arc Gis 10 y ver las ventajas que ofrece el empleo de modelos.

III. MATERIAL Y MÉTODOS.

De acuerdo con la información que aparece en la web de ESRI (<<http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/na/002w00000001000000/>> [Consulta: julio de 2012]) se comentan ahora aquellos aspectos más relevantes del geoprocesamiento y concretamente de la aplicación de la herramienta Model Builder.

ModelBuilder es una aplicación que se utiliza para crear, editar y administrar modelos. Los modelos son flujos de trabajo que encadenan secuencias de herramientas de geoprocesamiento y suministran la salida de una herramienta a otra herramienta como entrada. ModelBuilder también se puede considerar un lenguaje de programación visual para crear flujos de trabajo. Todas las herramientas de geoprocesamiento pueden ser utilizadas en Model Builder.

Hablaremos, por tanto, en primer lugar de lo que se entiende por geoprocesamiento y seguidamente de las herramientas que emplea Model Builder y su forma de operar.

3.1. GEOPROCESAMIENTO Y MODELOS DE GEOPROCESAMIENTO

El geoprocesamiento se basa en un marco de transformación de datos. Una herramienta de geoprocesamiento típica realiza una operación en un dataset de ArcGIS y produce un nuevo dataset como resultado de aplicar la herramienta. Cada herramienta de geoprocesamiento realiza una operación pequeña pero esencial en los datos geográficos y ArcGIS incluye cientos de herramientas de geoprocesamiento.

Hay cientos de herramientas disponibles y además se pueden crear herramientas propias (conectando secuencias de herramientas utilizando la salida de una herramienta para alimentar a otra) con ModelBuilder. De esta forma podemos utilizar esta capacidad para componer una cantidad infinita de modelos de geoprocesamiento (secuencias de herramientas) que ayudan a automatizar el trabajo y a solucionar problemas complejos.

Todas las herramientas las encontramos en lo que se conoce como el marco de geoprocesamiento, que es un conjunto de ventanas y cuadros de diálogo que se utilizan para administrar y ejecutar herramientas.

La idea principal detrás del geoprocesamiento es permitir implementar ideas rápida y fácilmente en un software nuevo que se pueda ejecutar, administrar, modificar, documentar y compartir con la comunidad de usuarios de ArcGIS. El concepto de software, en este caso, se refiere a algo que da instrucciones a ArcGIS para hacer lo que el usuario desee.

Para crear un software nuevo de cualquier tipo, se requieren dos elementos esenciales:

- Un lenguaje formal que opere con los datos capturados dentro del sistema.
- Un marco de creación, administración y ejecución del software basado en este lenguaje. Esto incluye editores, buscadores y herramientas de documentación.

El marco de geoprocesamiento es un pequeño conjunto de interfaces de usuario integradas que se utilizan para la organización y administración de herramientas existentes, y para la creación de nuevas herramientas.

Los componentes básicos del marco que observamos en la *figura 3.1.* son los siguientes:

- La ventana 'Buscar' para buscar y ejecutar herramientas, y la ventana 'Catálogo' para buscar cajas de herramientas para administrar o ejecutar las herramientas que contengan
- El 'cuadro de diálogo' para completar de manera interactiva los parámetros de las herramientas y ejecutarlas
- La ventana de 'Python' para ejecutar una herramienta al introducir sus parámetros
- La ventana 'ModelBuilder' para conectar secuencias de herramientas
- Métodos para crear secuencias de comandos y agregarlas a cajas de herramientas.

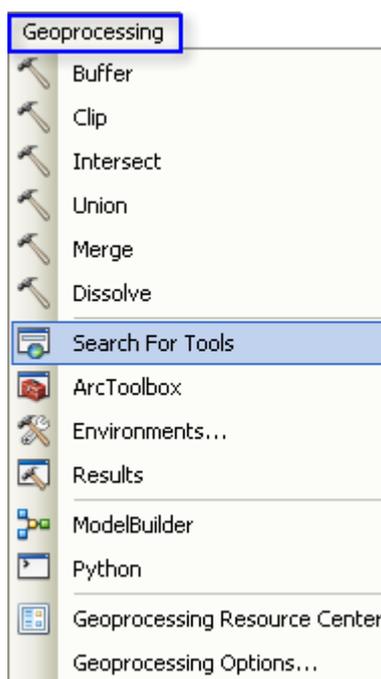


Figura 3.1. Componentes del marco de geoprocesamiento en ArcGis10.

3.1.1. CARACTERÍSTICAS DEL MARCO DE GEOPROCESAMIENTO: UN MARCO PARA CREAR Y ADMINISTRAR SOFTWARE

El marco de geoprocesamiento se construyó para permitir implementar ideas rápida y fácilmente en un software nuevo que el sistema pueda administrar y que se pueda compartir con los usuarios.

El geoprocesamiento es un lenguaje que está compuesto por operadores o herramientas que trabajan con los datos que están dentro de ArcGIS (tablas, clases de entidad, rásteres, TIN y demás) y realizan tareas necesarias para la manipulación y el análisis de información geográfica en una gran variedad de disciplinas.

Se puede crear un software nuevo rápida y fácilmente en forma de modelos y secuencias de comandos. Estas herramientas nuevas realizan tareas que no forman parte del paquete de ArcGIS estándar.

El marco de geoprocesamiento es el que administra las herramientas, y no el usuario; tiene una serie de características que se exponen a continuación:

- Se puede acceder a todas las herramientas, ya sean de sistema o personalizadas (escritas por el usuario), a través de sus cajas de herramientas. En el geoprocesamiento, todas las cosas se crean y administran de manera igualitaria, ya sean herramientas de

componentes, herramientas de modelos o herramientas de secuencias de comandos.

- Todas las herramientas se documentan de la misma manera. Una vez que se crea una herramienta, se puede documentar en la ventana Catálogo, para que el sistema pueda catalogarla y buscarla.
- Las herramientas tienen la misma interfaz de usuario: un cuadro de diálogo. Estos cuadros de diálogo se crean automáticamente de acuerdo a los parámetros de la herramienta. No hay que realizar ningún tipo de programación de interfaz.
- Las herramientas se pueden compartir fácilmente. Una caja de herramientas con todas sus herramientas y conjuntos de herramientas se ubica en un archivo en disco con extensión .tbx o dentro de una geodatabase. Cualquier persona que tenga acceso al archivo o a la geodatabase puede ejecutar las herramientas.
- El punto más importante es que las herramientas se convierten en miembros integrales del marco de geoprocésamiento, donde cuentan con documentación, interfaz de usuario, métodos de acceso y métodos de uso coherentes.

3.1.2. EL GEOPROCESAMIENTO Y ARCOBJECTS

ArcObjects es una biblioteca extensa de objetos de programación de bajo nivel que se presenta como parte del kit de desarrollo de software (SDK) de ArcGIS. Los desarrolladores utilizan ArcObjects para crear aplicaciones nuevas o extender la funcionalidad existente de las aplicaciones de ArcGIS (realmente, la mayoría de las herramientas de sistema y todo el marco de geoprocésamiento se construyeron con ArcObjects). Al igual que el geoprocésamiento, el SDK de ArcObjects se puede utilizar para crear software nuevo.

El SDK de ArcObjects y el geoprocésamiento son complementarios, es decir que ninguno impide el uso del otro. Como regla general, ArcObjects se utiliza para extender ArcGIS con un comportamiento nuevo, mientras que el geoprocésamiento está diseñado para automatizar tareas. ArcObjects se utiliza para realizar acciones como agregar interfaces de usuario nuevas, agregar un comportamiento personalizado a las clases de entidad ... El geoprocésamiento

se utiliza para crear software (modelos y secuencias de comandos) que automatice tareas dentro de los límites de un marco que funcione correctamente.

ArcObjects está pensado para utilizarse como un lenguaje de programación de sistema, en el que el programador necesita tener acceso a las primitivas de bajo nivel para implementar lógicas y algoritmos complejos. Es por esto que ArcObjects contiene miles de objetos y solicitudes diferentes, para permitir al programador el nivel justo de control que estas lógicas y algoritmos requieren. Ya que ArcObjects se utiliza en combinación con un lenguaje de programación de sistema, la aplicación requiere un amplio conocimiento de programación, mucho más que el geoprocésamiento y sus modelos y secuencias de comandos.

Por el contrario, el geoprocésamiento es una capacidad universal que todos los usuarios de SIG pueden utilizar e implementar para automatizar su trabajo, construir métodos y procedimientos repetibles y bien definidos, y diseñar importantes procesos geográficos.

3.2. MODEL BUILDER: UN TIPO DE MODELO DE GEOPROCÉSAMIENTO

ModelBuilder es un modelo de geoprocésamiento que contiene un lenguaje de programación visual fácil de utilizar.

Las herramientas se ejecutan por medio de sus cuadros de diálogo (esto puede entenderse como la ejecución de una instrucción única en un lenguaje de programación). A pesar de que la ejecución de una sola herramienta sea un procedimiento definitivamente práctico, el sistema no será muy útil a menos que se puedan conectar varias herramientas y utilizar las salidas de cada una con las demás, tal como lo hace un lenguaje de programación.

En el marco de geoprocésamiento, la ventana ModelBuilder es la que permite implementar procesos rápida y fácilmente en un software, por medio de la unión de elementos del lenguaje de geoprocésamiento (las herramientas) en una secuencia. Es importante tener en cuenta que, ya que dan instrucciones al equipo para realizar algún tipo de acción, los modelos son software. El lenguaje de programación es visual en lugar de basado en texto como un lenguaje de programación tradicional.

Lo más importante que se debe tener en cuenta aquí es que los modelos son herramientas. Se comportan del mismo modo que las demás herramientas del sistema. Se pueden ejecutar en la ventana del cuadro de diálogo o en la ventana de Python. Debido a que los modelos son herramientas, se puede incorporar modelos dentro de modelos. De hecho, varias de las herramientas del sistema que se proporcionan con ArcGIS son modelos.

Los modelos pueden ser tan complejos como se desee. En un modelo se puede utilizar cualquier herramienta tanto del sistema como personalizada. También se pueden utilizar bucles y condiciones para controlar el funcionamiento lógico de un modelo.

3.2.1. CLASIFICACIÓN DE HERRAMIENTAS EMPLEADAS EN MODEL BUILDER ARC GIS 10

Para crear un modelo con Model Builder lo primero que tendremos en cuenta son las herramientas que queremos implantar en el mismo. El proceso general para crear un modelo será agregar las herramientas requeridas al 'lienzo' de ModelBuilder y posteriormente proporcionar valores para los parámetros de la herramienta. Esto construye un proceso. Los modelos se crean conectando procesos.

A continuación se exponen los grupos de herramientas más comúnmente empleados:

- Superposición y proximidad

Se tratan de un conjunto básico de herramientas en el análisis espacial.

- Superficies

Los fenómenos geográficos no están limitados a puntos, líneas y polígonos discretos, sino que también incluyen datos, como la elevación, la pendiente, las precipitaciones y la temperatura, que varían continuamente a lo largo y ancho de la superficie de la Tierra. A estos datos continuos se les conoce como "superficie" y son modelados con rásteres y TIN.

- Estadísticas espaciales y no espaciales

Uno de los axiomas de la geografía reside en que las cosas que se encuentren juntas serán más parecidas que las cosas que se encuentren más alejadas. Este axioma compone la base de las poderosas herramientas de estadística espacial que permiten descubrir y caracterizar patrones geográficos,

además de algunas herramientas de estadísticas estándar no espacial, como por ejemplo, mínimo, máximo, suma, frecuencia, promedio y desviación estándar.

- Administración de tablas

ArcGIS almacena datos en tablas fácilmente accesibles, y la mayoría de flujos de trabajo conlleva algún tipo de administración de tablas, como por ejemplo, agregar o borrar campos, crear relaciones entre las tablas o crear entidades a partir de columnas que contengan coordenadas.

- Selección y extracción

Los datasets SIG a menudo contienen muchos más datos de los necesarios, y un conjunto común de tareas sirve para reducir o extraer datos de datasets de mayor tamaño y complejidad. Las herramientas necesarias para desempeñar estas tareas aparecen descritas en el apartado Seleccionar y extraer datos.

3.2.2. APLICACIONES DE MODEL BUILDER

Entre las aplicaciones que puede tener el Model Builder de ArcGis10 cabe destacar, como se comentaba en apartados anteriores, la ejecución de herramientas de geoprocésamiento y la creación de herramientas de modelo. A continuación se exponen una serie de conceptos clave para comprender mejor esta herramienta de modelización.

3.2.2.1. MODEL BUILDER PARA EJECUTAR HERRAMIENTAS

Al hablar de Model Builder para ejecutar herramientas debemos tener claros los siguientes conceptos:

3.2.2.1.1. Variable de modelo

Cuando se agregan datos o valores a un modelo, se convierten en variables. Cuando se agregan herramientas a un modelo, sólo la variable de salida se crea automáticamente en el modelo.

Si queremos mostrar otros parámetros de herramienta como variables en el modelo debemos crear variables independientes y conectarlas a una herramienta, o exponer los parámetros de herramienta como variables.

3.2.2.1.2. Elemento de herramienta

Las herramientas son los bloques de construcción básicos de los flujos de trabajo de un modelo. Las herramientas llevan a cabo varias acciones en datos geográficos o tabulares. Cuando se agregan herramientas a un modelo, se convierten en elementos de modelo.

3.2.2.1.3. Cuadro de diálogo Herramienta

Este cuadro de diálogo es la interfaz en la que se pueden especificar los parámetros de una herramienta.

3.2.2.1.4. Parámetros de herramienta

Los parámetros de herramienta son las entradas y salidas de una herramienta, así como las especificaciones que influyen en el procesamiento de la herramienta. Cada parámetro tiene un control de interfaz de usuario donde se introduce un valor o una ruta. Algunos parámetros son obligatorios y otros pueden ser opcionales.

La manera de especificar o rellenar parámetros de herramienta son estas tres que siguen:

- Rellenar parámetros de herramienta utilizando el cuadro de diálogo de la herramienta

En ModelBuilder, es posible rellenar parámetros de herramienta abriendo el cuadro de diálogo de una herramienta e introduciendo valores para los parámetros de entrada y salida.

Cuando se abre un cuadro de diálogo de herramienta en ModelBuilder, es posible especificar variables de modelo  o las capas en el documento de mapa  para parámetros de entrada, además de clases de entidad u otros datos almacenados en el disco.

- Rellenar parámetros de herramienta arrastrando y soltando datos en una herramienta

Los datos se pueden arrastrar y soltar desde las ventanas 'Catálogo' o 'Buscar' en un modelo. Al soltar datos en una sección vacía del lienzo del modelo, los datos se agregan como una variable de datos. Al soltar datos en una herramienta del modelo, los datos se agregan como una variable de datos y se conectan a la herramienta en la que se soltaron. Si los datos que

se han soltado en una herramienta no se conectan a la herramienta, no serán válidos y no se podrán utilizar con esa herramienta.

- Rellenar parámetros de herramienta utilizando el cuadro de diálogo Conectar

Para rellenar un parámetro de herramienta utilizando la herramienta Conectar , en el modelo debe existir una variable para utilizar con un parámetro de herramienta. Los parámetros de herramienta disponibles en la ventana emergente del parámetro vendrán determinados por el tipo de datos de la variable que se ha de conectar.

3.2.2.1.5. Proceso de modelo

Un proceso consiste en una herramienta y variables conectadas a ella. Las líneas de conexión indican la secuencia de procesamiento. Puede haber varios procesos en un modelo encadenados para que los datos derivados de un proceso se conviertan en los datos de entrada de otro proceso. Cada proceso en un modelo se encuentra en uno de estos cuatro estados:

- **No preparado para ejecutarse:** al arrastrar inicialmente una herramienta a una ventana de ModelBuilder, el proceso se encuentra en este estado (la herramienta está en blanco), ya que no se han especificado los valores de parámetro requeridos.
- **Preparado para ejecutarse:** un proceso está en este estado cuando la herramienta tiene todos los valores de parámetro requeridos.
- **En ejecución:** el proceso está en estado de ejecución si las herramientas de modelo aparecen en rojo y los resultados se crean con mensajes en la ventana **Resultados**.
- **Ejecutado:** si ejecuta el modelo desde ModelBuilder, la herramienta y los elementos de datos derivados se muestran sombreados para indicar que el proceso se ha ejecutado y se han generado los datos derivados.

3.2.2.1.6. Configuración del entorno

La configuración del entorno se puede considerar como un parámetro adicional que afecta a los resultados de una herramienta. Estos parámetros

difieren de los parámetros de herramientas normales en que no se muestran en el cuadro de diálogo de una herramienta (con algunas excepciones). En cambio, son valores que se establecen una vez en un cuadro de diálogo separado y que las herramientas consultan y utilizan cuando son ejecutadas.

Hay cuatro niveles de configuración del entorno.

- La configuración de nivel de aplicación son los valores por defecto que se aplicarán a cualquier herramienta cuando se ejecute.
- La configuración de nivel de herramienta se aplica a una única ejecución de una herramienta e invalida la configuración de nivel de aplicación.
- La configuración de nivel de modelo se especifica y se guarda con un modelo e invalida la configuración de nivel de aplicación y de herramienta.
- La configuración de nivel de proceso de modelo se especifica en el nivel de proceso del modelo, se guarda con el modelo e invalida la configuración de nivel de modelo.

3.2.2.1.7. Datos intermedios

Cuando se ejecuta un modelo, se crean datos de salida para cada proceso en el modelo. Algunos de estos datos de salida se crean sólo como un paso intermedio para conectarse a otros procesos que crearán el producto final. Los datos generados a partir de estos pasos intermedios, llamados datos intermedios, suelen (aunque no siempre) quedar inservibles cuando el modelo ha terminado de ejecutarse. Los datos intermedios se pueden considerar datos de trabajo temporales que se deben eliminar después de ejecutar el modelo. Sin embargo, al ejecutar un modelo desde la ventana ModelBuilder, los datos intermedios no se eliminan, pero podría hacerse.

3.2.2.1.8. Administrar datos

Se puede decidir que ModelBuilder administre la ubicación de los datos intermedios. Se puede establecer una variable que represente datos de salida intermedios de un proceso que se debe administrar haciendo clic con el botón derecho del ratón en la variable y en la opción Administrado. Si se ha establecido una variable en Administrado, no se podrá cambiar la ruta de la

salida de los datos intermedios en ModelBuilder (el control del parámetro no estará disponible).

3.2.2.1.9. Datos derivados incompletos

En el proceso normal de construcción de un modelo, las herramientas actualizarán sus elementos de datos derivados (de salida) para que reflejen los cambios que realizará la herramienta cuando se ejecute. Esta actualización de los datos derivados para reflejar los resultados de la herramienta simplifica la creación de modelos. Casi todas las herramientas de geoprocésamiento pueden actualizar sus datos derivados de esta forma. Sin embargo, hay algunas excepciones, ya que dichas herramientas no conocen sus resultados hasta que se ejecuta la herramienta y no actualizan sus datos derivados. Estos datos se denominan datos derivados incompletos.

3.2.2.1.10. Validar un modelo

Las variables de datos hacen referencia a datos en el disco y sólo contienen información descriptiva acerca de los datos en el disco, no de datos reales. La validación de un modelo actualiza esta información descriptiva y, a continuación, compara esta descripción con cada parámetro de herramienta para asegurarse de que sigue siendo válida.

3.2.2.1.11. Ejecutar un modelo dentro de ModelBuilder

Los modelos se pueden ejecutar desde dentro de ModelBuilder o desde el cuadro de diálogo de la herramienta de modelo, desde una ventana de Python o desde una secuencia de comandos. Cuando se ejecuta un modelo dentro de ModelBuilder, se puede ejecutar todo el modelo o algunos procesos seleccionados. Cuando se ejecutan procesos en ModelBuilder, se puede seguir su ejecución desde el cuadro de diálogo de progreso de geoprocésamiento.

Hay tres formas de ejecutar un modelo desde ModelBuilder:

- Ejecutar herramienta única: seleccionar una herramienta, hacer clic con el botón derecho del ratón y, a continuación, hacer clic en Ejecutar. Los primeros procesos de la cadena también se ejecutan si es necesario. Los procesos posteriores de la cadena no se ejecutan; no obstante, si se

encuentran en el estado del proceso Ejecutado, su estado cambia a Preparado para ejecutarse.

- Ejecutar herramientas preparadas para ejecutarse: hacer clic en 'Ejecutar' en el menú Modelo o la herramienta Ejecutar ▶ de la barra de herramientas de ModelBuilder. Se ejecutarán todas las herramientas que se encuentren en el estado Preparado para ejecutarse.
- Ejecutar el modelo completo: hacer clic en 'Ejecutar el modelo completo' en el menú Modelo. Se ejecutarán todas las herramientas que se encuentren en el estado Preparado para ejecutarse.

3.2.2.1.12. Estado de un modelo

Un proceso de modelo consiste en una herramienta y todas las variables conectadas a ella. Las líneas de conexión indican la secuencia de procesamiento.

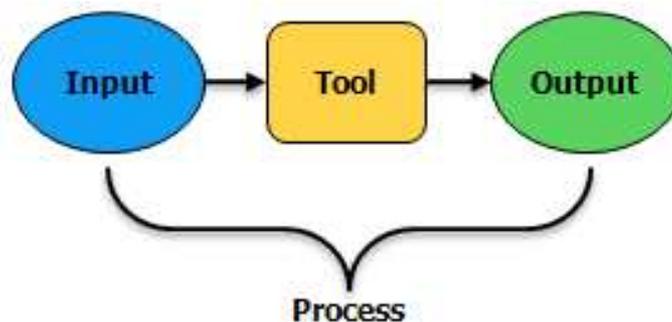


Figura 3.2. Esquema de un proceso de modelo.

Lo más frecuente es que haya varios procesos en un modelo que se pueden encadenar para que la salida de un proceso se convierta en la entrada de otro.

Cada proceso de un modelo se encuentra en uno de estos cuatro estados de proceso que se muestran en la siguiente tabla: No preparado para ejecutarse, Preparado para ejecutarse, En ejecución o Ejecutado.

Tabla 3.1. Estados posibles de un proceso.

No preparado para ejecutarse	Al arrastrar inicialmente una herramienta a una ventana de ModelBuilder, el proceso se encuentra en el estado de no preparado para ejecutarse (la herramienta es de color blanco), ya que no se han especificado los valores de parámetros necesarios. Este estado significa que el modelo no se puede ejecutar dentro de ModelBuilder. Si las variables de datos o de valores vacías se exponen como parámetros de modelo, puede ejecutar el modelo abriendo el cuadro de diálogo de la herramienta de modelo en la ventana <i>Catálogo</i> o la ventana de <i>ArcToolbox</i> y especificando los valores de parámetro de modelo.
Preparado para ejecutarse	Un proceso está preparado para ejecutarse cuando se han especificado todos los valores de parámetro necesarios. Los procesos que están en este estado se simbolizan con colores; los elementos de datos de entrada son de color azul, los elementos de herramienta son de color amarillo o naranja, y los elementos de datos de salida (datos derivados) son de color verde.
En ejecución	El proceso se está ejecutando actualmente. Las herramientas que se están ejecutando aparecen en color rojo.
Ejecutado	Si el modelo se ejecuta en ModelBuilder, los elementos de la herramienta y de los datos de salida o derivados se visualizan con sombras para indicar que el proceso se ha ejecutado.

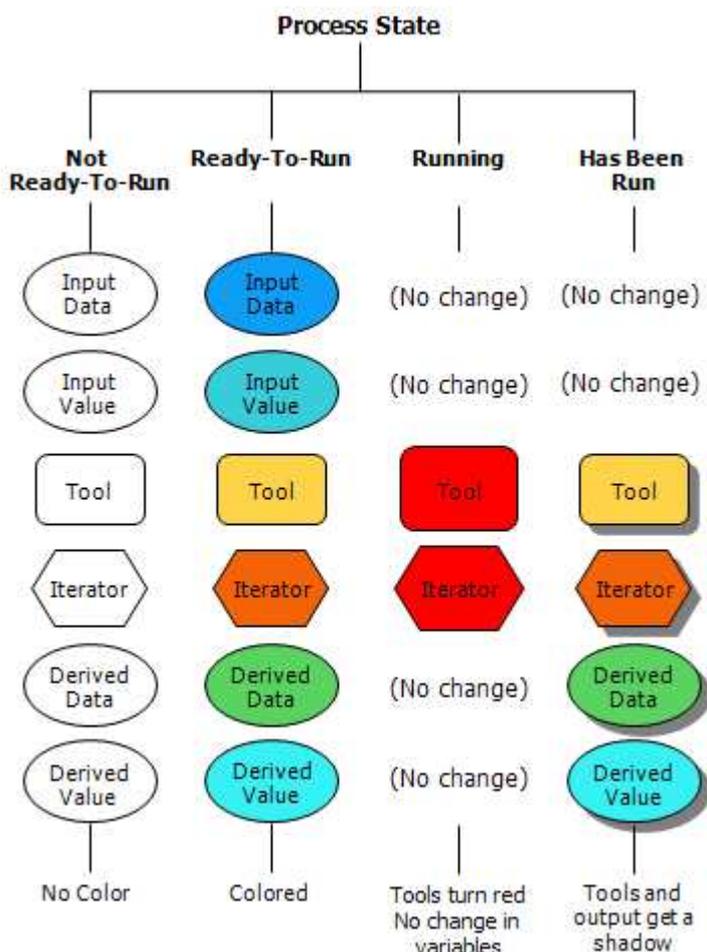


Figura 3.3. Resumen de estados de un proceso para los distintos elementos con los respectivos colores.

3.2.2.2. MODEL BUILDER PARA CREAR HERRAMIENTAS

Si hablamos de Model Builder para crear herramientas debemos tener claras una serie de premisas para poder aplicar la herramienta de forma correcta:

3.2.2.2.1. Variable de modelo

Cuando se agregan datos o valores a un modelo, se convierten en variables. Cuando se agregan herramientas a un modelo, sólo la variable de salida se crea automáticamente en el modelo. Para mostrar otros parámetros de herramienta como variables en el modelo deben crearse variables independientes y conectarlas a una herramienta, o exponer los parámetros de herramienta como variables.

Las variables son elementos de un modelo que contienen un valor o una referencia a datos almacenados en el disco. Se puede crear y utilizar una variable como un parámetro de herramienta.

Hay dos tipos de variables:

- **Datos:** Las variables de datos son elementos de modelo que contienen información descriptiva sobre los datos almacenados en el disco. La información de campo, la referencia espacial y la ruta son ejemplos de propiedades de datos que se describen en una variable de datos.
- **Valores:** Las variables de valor son valores como cadenas de caracteres, números, booleanos (valores verdadero/falso), referencias espaciales, unidades lineales o extensiones. Las variables de valores contienen de todo excepto referencias a datos almacenados en el disco.

Hay numerosas razones para crear y utilizar variables en un modelo:

- Se debe utilizar una variable de modelo al definir parámetros de modelo.
- Las variables de modelo se pueden utilizar fácilmente para conectar varias herramientas a los mismos datos o valor, sin tener que especificar esos datos o valor en varios cuadros de diálogo de herramientas.
- Exponer parámetros de herramienta como variables puede facilitar la lectura y comprensión de un modelo.
- Las variables de modelo permiten utilizar sustitución de variables en línea en un modelo.

3.2.2.2.2. Elemento de herramienta

Las herramientas son los bloques de construcción básicos de los flujos de trabajo de un modelo. Las herramientas llevan a cabo varias acciones en datos geográficos o tabulares. Cuando se agregan herramientas a un modelo, se convierten en elementos de modelo.

3.2.2.2.3. Cuadro de diálogo Herramienta

El cuadro de diálogo es la interfaz en la que se pueden especificar los parámetros de una herramienta.

3.2.2.2.4. Parámetros de herramienta

Los parámetros de herramienta son las entradas y salidas de una herramienta, así como las especificaciones que influyen en el procesamiento de la herramienta. Cada parámetro tiene un control de interfaz de usuario donde se introduce un valor o una ruta. Algunos parámetros son obligatorios y otros pueden ser opcionales.

3.2.2.2.5. Cuadro de diálogo de herramienta de modelo

El cuadro de diálogo de herramienta de modelo es la interfaz en la que se pueden especificar los parámetros de una herramienta de modelo. Se puede abrir el cuadro de diálogo de una herramienta de modelo haciendo clic con el botón derecho del ratón en el modelo y seleccionando Abrir o simplemente, haciendo doble clic en el modelo. Cuando se construye un modelo dentro de ModelBuilder, las variables se pueden convertir en parámetros de modelo que se exponen en el cuadro de diálogo de la herramienta de modelo.

3.2.2.2.6. Parámetros de modelo

Los parámetros de modelo son los parámetros que aparecen en el cuadro de diálogo de la herramienta de modelo. Es posible convertir cualquier variable de modelo en un parámetro de modelo.

Para hacer de un modelo una herramienta útil, se crean los parámetros de modelo. Los parámetros de modelo aparecen en el cuadro de diálogo. El

nombre de la variable del modelo pasa a ser el nombre del parámetro en el cuadro de diálogo de la herramienta.

Mediante la creación de parámetros de modelo convertimos un modelo en una útil herramienta: pudiendo utilizar la herramienta con diferentes datos, añadirla a otros modelos y usarla en secuencias de comandos.

A la vista de lo anterior podríamos hablar de dos ventajas fundamentales que aporta crear parámetros de modelo: poder ejecutar un modelo utilizando un cuadro de diálogo de herramienta en vez de tener que abrir Model Builder para procesarlo y poder utilizar un modelo dentro de otro modelo como si de una herramienta se tratase.

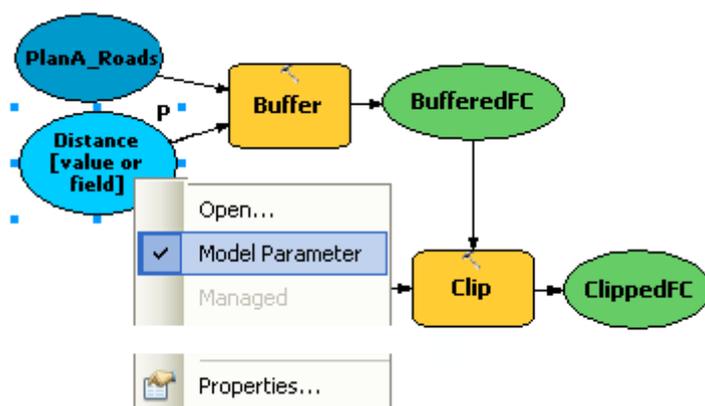


Figura 3.4. Junto a la variable aparece la letra P, que indica que se trata de un parámetro de modelo.

3.2.2.2.7. Orden del parámetro de modelo

El orden de los parámetros del cuadro de diálogo de la herramienta de modelo viene determinado por el orden en que se establecen los parámetros de modelo en Propiedades de modelo.

La práctica estándar es ordenar los parámetros como sigue:

- Datasets de entrada requeridos
- Otros parámetros requeridos que afectan a la ejecución de la herramienta
- Datasets de salida requeridos
- Parámetros opcionales

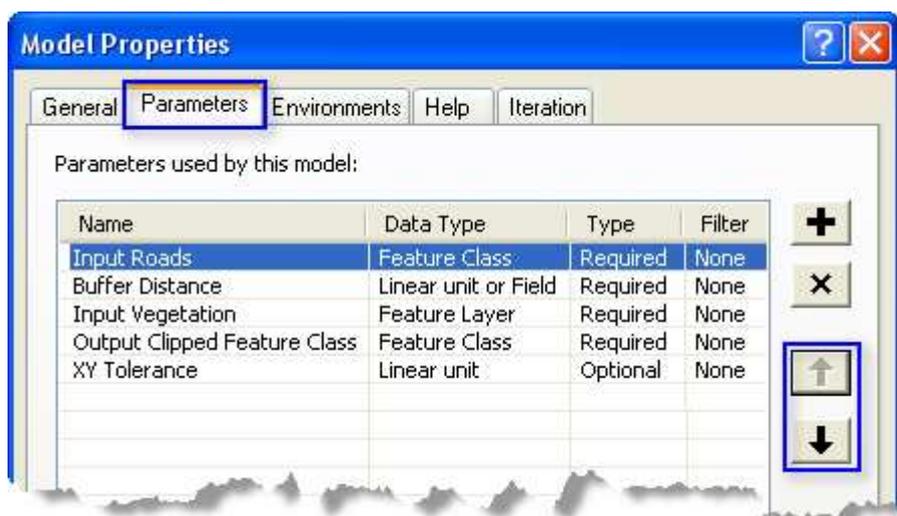


Figura 3.5. Ejemplo en el que se establece el orden de parámetros de modelo.

3.2.2.2.8. Filtro de parámetro de modelo

Los filtros de parámetro se utilizan para limitar o restringir los valores o datos de entrada que se pueden especificar para un parámetro de la herramienta de modelo. Por ejemplo, se puede utilizar un filtro 'Lista de valores' para que solo puedan especificarse para el parámetro los valores de una lista. Hay seis tipos de filtros de parámetro que se pueden aplicar a los parámetros de modelo.

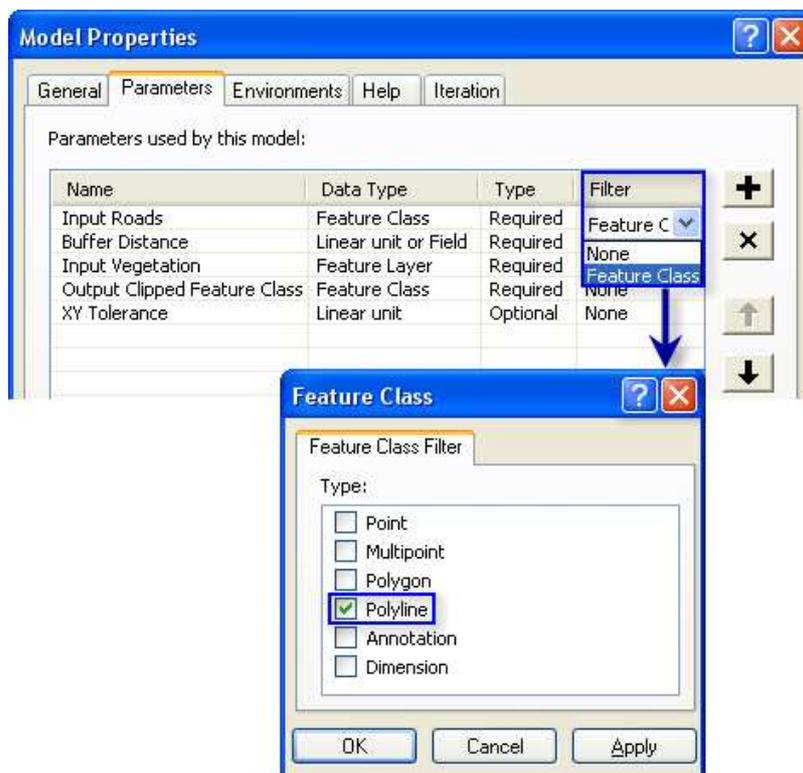


Figura 3.6. Ejemplo de filtro de parámetros de modelo.

3.2.2.2.9. Simbología de salida de modelo

La simbología de salida de modelo hace referencia a la simbología de un dataset de salida cuando la variable se agrega a la tabla de contenido de ArcMap. La simbología de la salida de modelo se puede controlar especificando un archivo de capa que define la simbología deseada en propiedades de variable.

3.2.2.2.10. Ejecutar una herramienta de modelo

Es posible ejecutar un modelo desde el cuadro de diálogo de su herramienta haciendo doble clic en el modelo en la ventana Catálogo o en la ventana de ArcToolbox.

3.2.2.2.11. Administrar datos intermedios

Al ejecutar un modelo, se crean datos de salida para cada proceso del modelo. Algunos de los datos creados no tienen utilidad una vez que se ha ejecutado el modelo ya que se crearon únicamente para conectar a otro proceso que crea una nueva salida. Estos datos se conocen como datos intermedios. Todas las salidas menos la final, o las que se hayan hecho parámetros de modelo, se convierten automáticamente en datos intermedios en el modelo. Si nos interesa guardar los datos intermedios desactivamos la opción Intermedios.

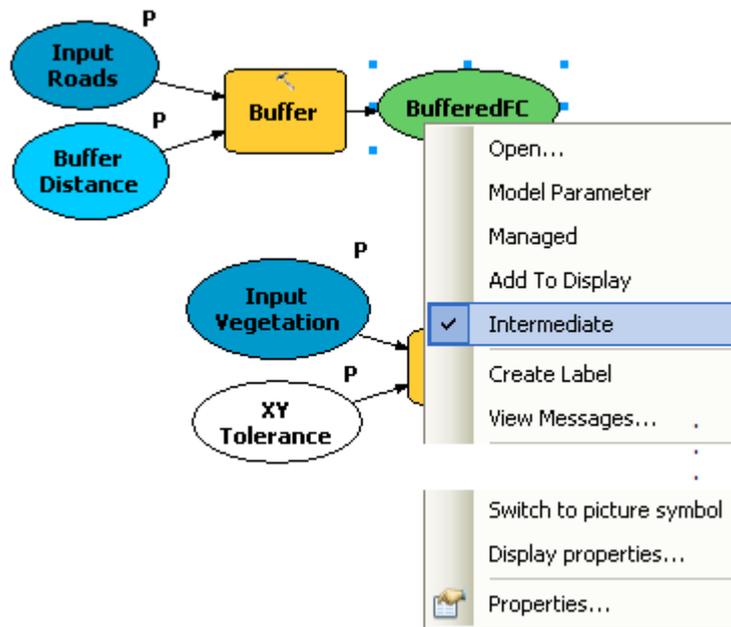


Figura 3.7. Ejemplo de configuración de datos intermedios.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

En la actualidad, las empresas forestales requieren analizar grandes volúmenes de información cartográfica relativa a las condiciones y características en que se encuentra las masas forestales.

Para llevar a cabo un correcto proceso de toma de decisiones en la planificación de los recursos los SIG representan un instrumento tecnológico y conceptual fundamental para manipular, modelar y analizar con eficiencia la información cartográfica de una empresa forestal, puesto que permiten interrelacionar múltiples variables espaciales necesarias para alcanzar un mayor grado de certidumbre en la planificación.

A continuación se expondrán a modo de ejemplo ciertas aplicaciones de Model Builder de Arc Gis 10 a tareas frecuentes realizadas en el ámbito de la gestión forestal y el medio ambiente. Sirvan como un ejemplo, y como base a una infinidad de procesos que podrían ser llevados a cabo en estos campos de trabajo.

4.1. EJEMPLO 1. OBTENCIÓN DE DIVERSAS CAPAS A PARTIR DE UN FICHERO DGN DE CARTOGRAFÍA DIGITAL DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS

En el campo forestal, como en muchos otros, un primer paso a la hora de trabajar con GIS es disponer de la cartografía en el formato adecuado. En el Principado de Asturias contamos con los mapas digitales de toda la región a escala 1:5000 (**.dgn).

Los DGN son archivos que contienen información diversa guardada en capas distintas. Es frecuente que en muchos casos nos interese solamente cierta información para realizar un determinado proceso. Vamos a suponer el caso en que nos interese obtener solamente las capas de curvas de nivel, la hidrografía y una serie de puntos de cota de todos los DGN del Principado de Asturias.

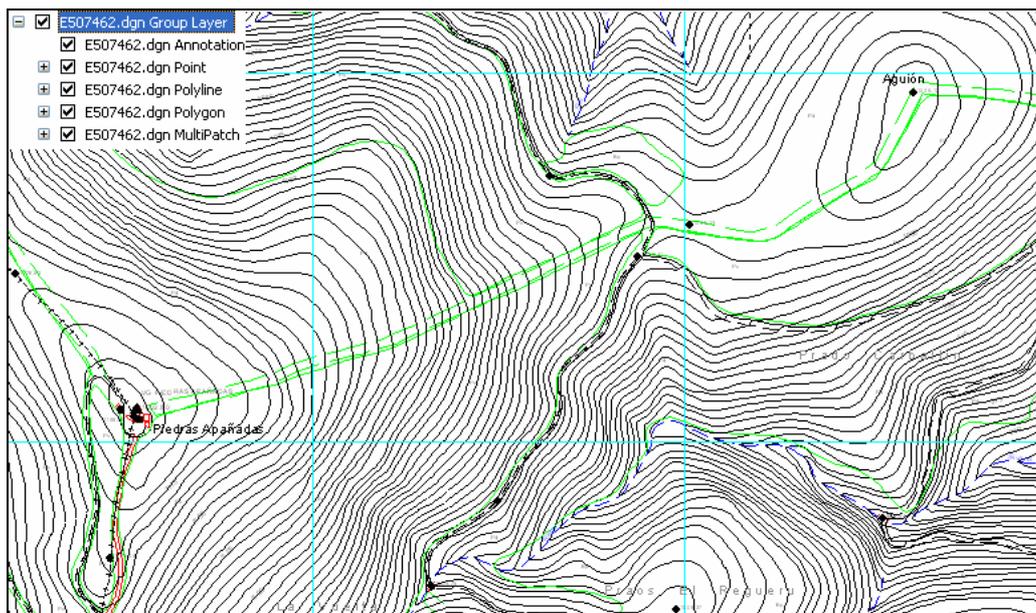


Figura 4.1. Ejemplo de un archivo **.dgn con todas sus capas.

Si hubiese que realizar esta tarea por los métodos convencionales, claramente estaríamos ante un trabajo sumamente rutinario. Es por ello, que vamos a emplear ahora la herramienta Model Builder para modelizar este proceso.

Como datos de partida tenemos por tanto los ficheros de cartografía digital del Principado de Asturias (**.dgn).

Queremos en primer lugar obtener las curvas de nivel para todos los ficheros de la región. Por tanto diseñaremos un modelo de forma que el trabajo realizado con un solo fichero sea extensible a la totalidad de ficheros. De la misma forma obtendremos los ficheros de hidrografía y puntos de cota.

4.1.1. CAPA: CURVAS DE NIVEL

Explorando una serie de archivos dgn. seleccionados al azar vemos que las curvas de nivel están en el nivel 5 de la capa 'polyline'. Debido a que los archivos **.dgn son archivos que no se pueden modificar, exportaremos esta información a un 'shapefile' con el que sí poder trabajar en ArcGis10.

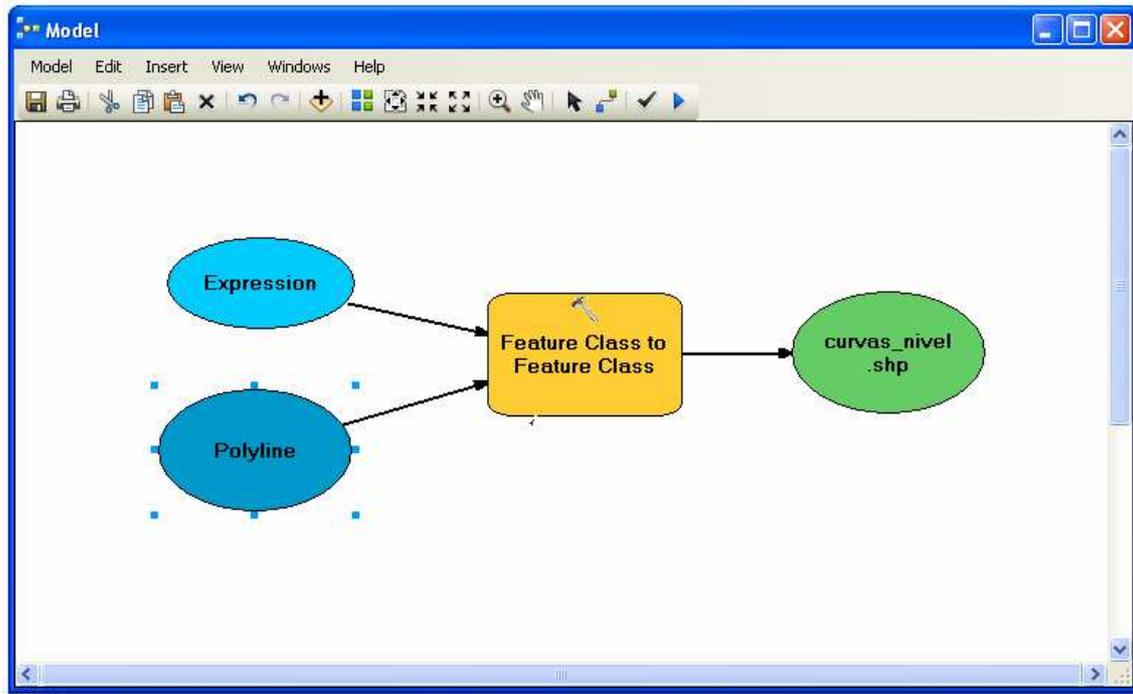


Figura 4.2. Modelo para obtener un 'shapefile' de curvas de nivel a partir de un archivo DGN.

En la figura superior vemos la manera de operar de Model Builder. Se exportará mediante la herramienta 'Feature class to feature class' la información relevante a las curvas de nivel contenida en la capa 'polyline' del archivo **.dgn. Esto se consigue mediante una sentencia SQL que indica a la herramienta de dónde tiene que obtener la información. Una vez exportada dicha información se obtiene el fichero 'shapefile' con el que trabajar en ArcGis10. Es interesante ver el papel que juega la 'variable de valor' denominada como 'Expresion' que hace referencia a la mencionada sentencia SQL que indica en que nivel se encuentra la información requerida (en este caso 'level=5').

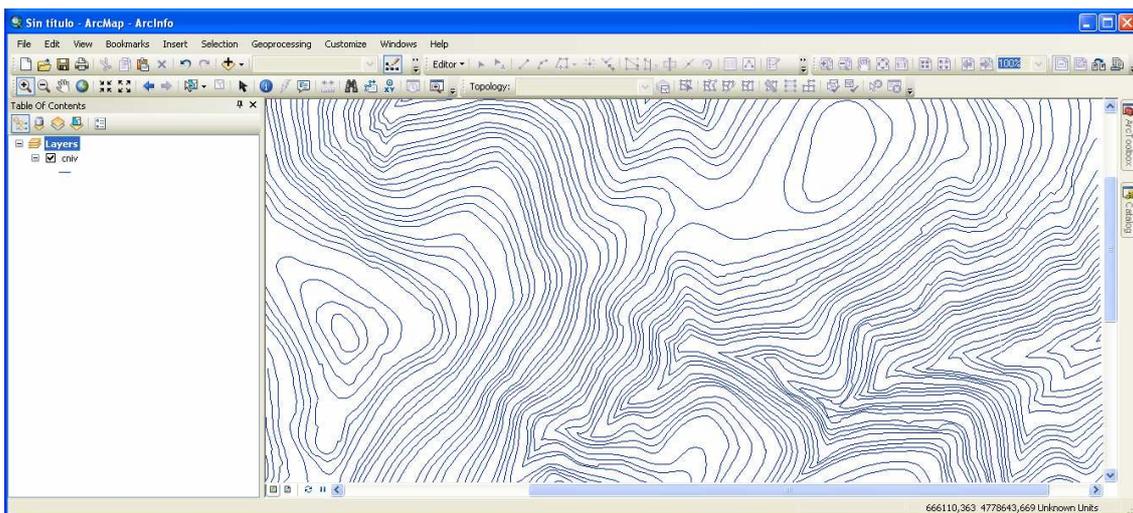


Figura 4.3. Shapefile con la información de curvas de nivel.

4.1.2. CAPA: HIDROGRAFÍA

Ahora contamos con el modelo anterior, de modo que si queremos exportar la capa de hidrografía haremos lo siguiente:

Explorando el archivo **.dgn vemos que la información referente a la hidrografía se encuentra en el 'nivel 10' de la capa 'polyline'. Con lo cual cambiando en la expresión (level=10) exportamos automáticamente la hidrografía a un 'shapefile'.

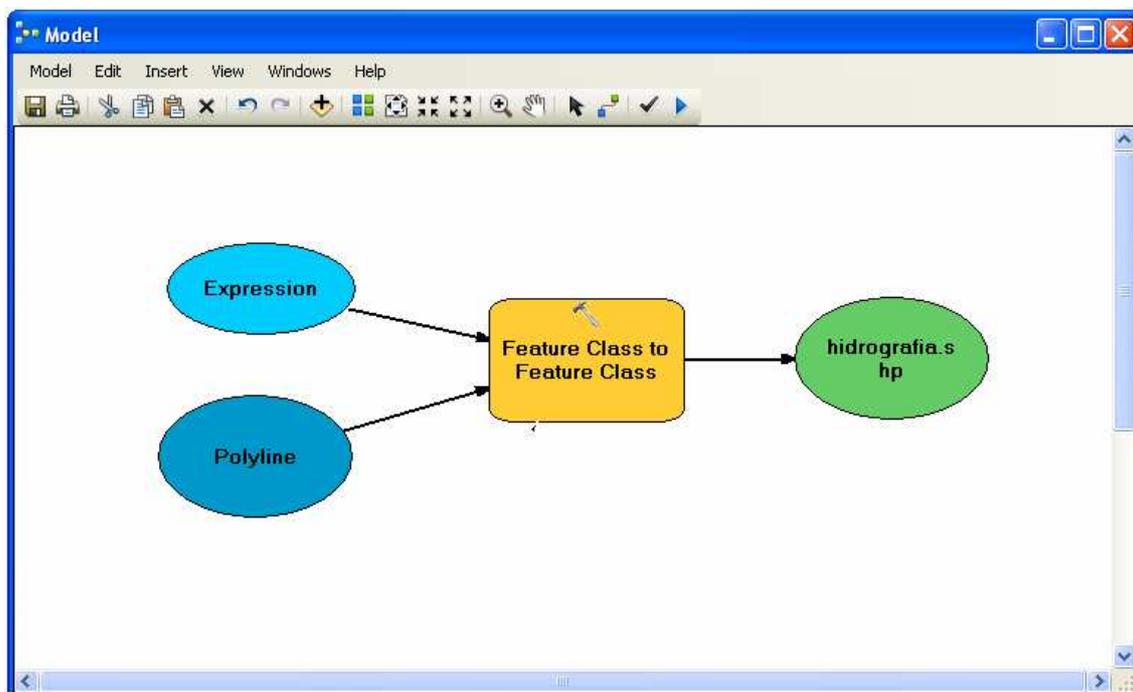


Figura 4.4. Modelo para obtener un 'shapefile' de hidrografía a partir de un archivo .dgn.

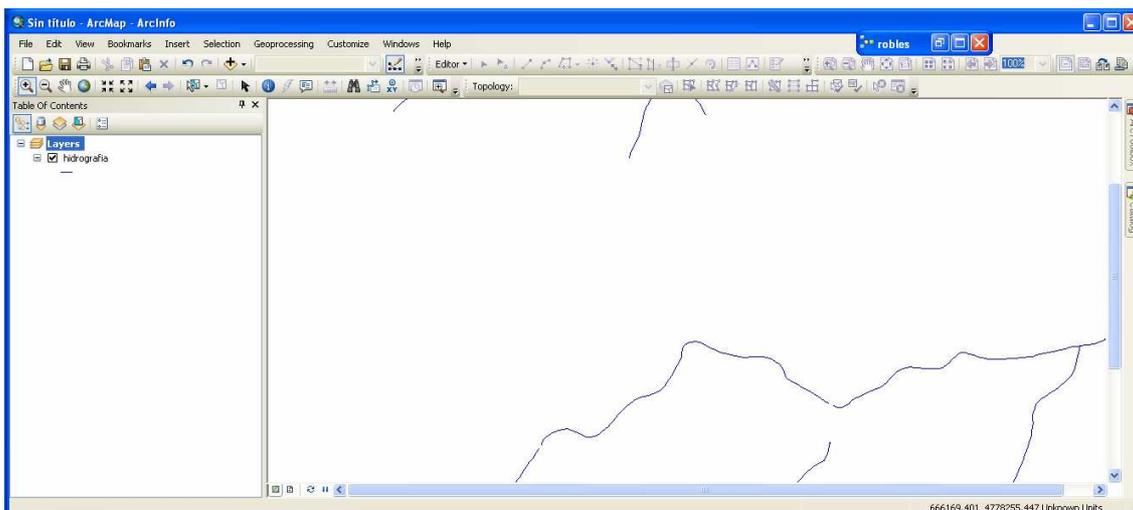


Figura 4.5. Shapefile con la información de la hidrografía.

4.1.3. CAPA: PUNTOS DE COTA

En un último paso exportamos los puntos de cota a un 'shapefile'. De la exploración de los archivos **.dgn obtenemos que esta información se encuentra en el nivel 6 de la capa 'points'. Como ya tenemos el modelo creado tan solo tenemos que cambiar la expresión de la 'variable de valor' e indicar que la información requerida esta en 'layer=6'.

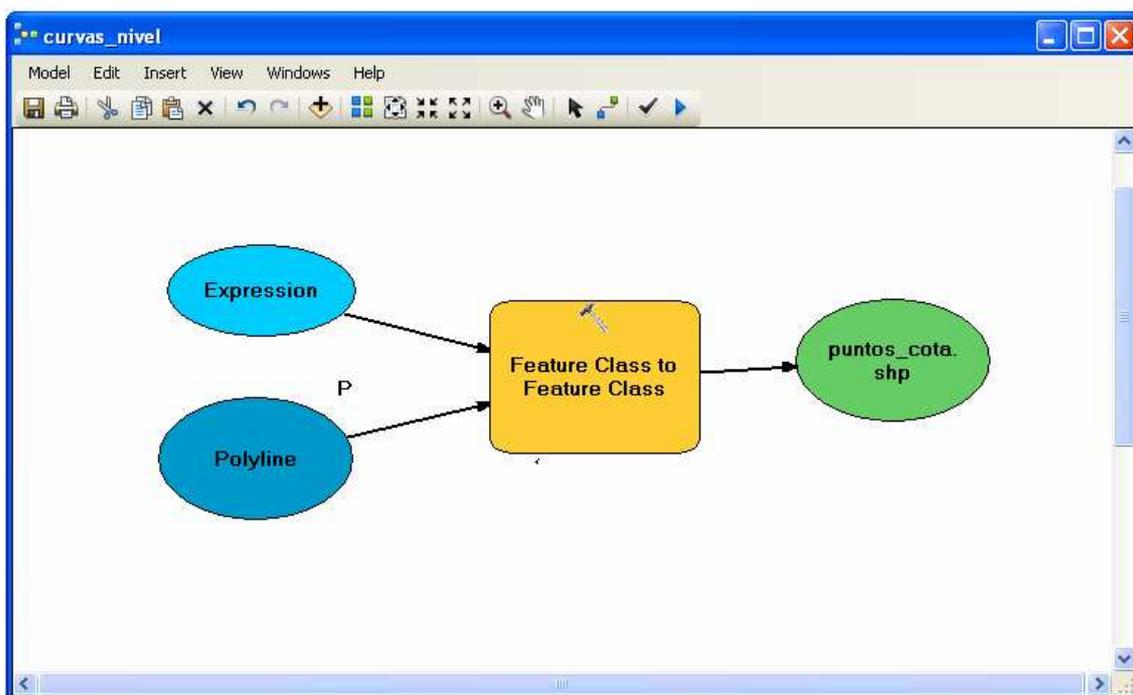


Figura 4.6. Modelo para obtener un 'shapefile' con los puntos de cota de una determinada zona a partir de un **.dgn.

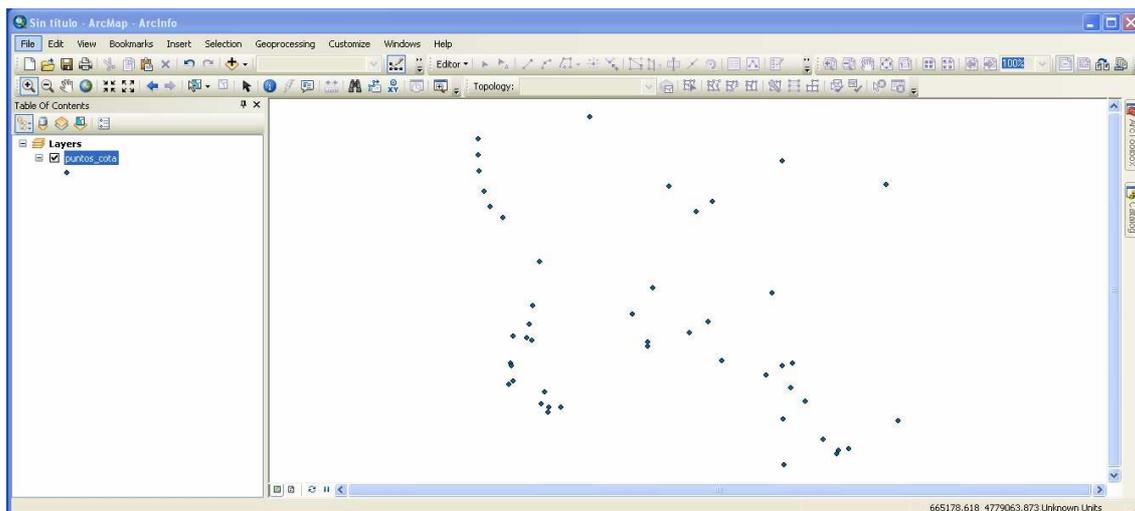


Figura 4.7. Shapefile con la información de los puntos de cota.

Hasta aquí hemos visto como a partir de cambios efectuados en la sentencia SQL de la herramienta 'Feature class to feature class' podemos obtener las distintas capas con un ahorro sustancial de tiempo. Como se decía se nombra la sentencia SQL como una 'variable de valor' (óvalo azul claro).

Si ahora lo que queremos es exportar estas capas para todos los **.dgn del Principado lo que tendríamos que hacer es transformar el fichero de entrada en un 'parámetro de modelo'. De esta forma cambiando tan solo este parámetro, cambiaríamos de archivo **.dgn y obtendríamos el resultado buscado para otras zonas.

4.2. EJEMPLO 2. PLANIFICACIÓN DE TRABAJOS FORESTALES EN ZONAS DE PENDIENTE HOMOGÉNEA

Contando con los **.dgn del Principado de Asturias, a escala 1:5000 nos interesa obtener un mapa reclasificado de pendientes para poder establecer en base a estos criterios zonas de pendiente homogénea y planificar así la manera de llevar a cabo ciertas tareas forestales en esos lugares.

Los datos de partida será la cartografía digital del Principado en formato **.dgn. Utilizaremos un archivo genérico **.dgn.

Vamos a suponer el caso que se quieren planificar una serie de trabajos a realizar con un tractor agrícola modificado para trabajos forestales, el factor

pendiente es determinante a la hora de decidir como realizar dichas tareas en el monte. Los criterios que se establecen se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 4.1. Clases de pendiente y criterios a la hora de trabajar con un tractor agrícola adaptado para trabajos forestales.

<i>Intervalo pendiente (%)</i>	<i>Forma trabajo</i>	<i>Dirección tractor</i>	<i>Observaciones</i>
0 -20	Linea nivel	Indistinta	Poco riesgo de vuelco.
	Linea Max Pte		Incremento del rendimiento
20-35	Linea Max Pte	Subir desbrozando marcha atrás	No giros a media ladera
35- 55	Linea Max Pte	Subir marcha atrás desbrozando	Preferible tractor de cadenas para mayor estabilidad
		Bajar sin realizar trabajo	
> 55	Otra técnica		

4.2.1. GENERAR UNA TRIANGULACIÓN (TIN) A PARTIR DE CURVAS DE NIVEL, HIDROGRAFÍA Y PUNTOS DE COTA.

El primer paso, será generar una triangulación y para ello nos vamos a apoyar en las curvas de nivel, los puntos de cota y la hidrografía.

Como la información está contenida en un fichero *.dgn lo que se hace es exportar aquellas capas que nos interesan a 'shapefile' con los que poder trabajar en ArcGis10. Se emplea la herramienta 'Feature dataset to Feature dataset'. El procedimiento de trabajo sería igual que el explicado en el apartado 4.1. Decir que si nombramos los archivos de partida como parámetros de modelo lo que se consigue es cambiando esos parámetros aplicar el modelo en otra zona.

Una vez creados los tres shapefiles estamos en condiciones de generar el TIN. Para ello empleamos el comando 'Create TIN' de '3DAnalyst Tools'.

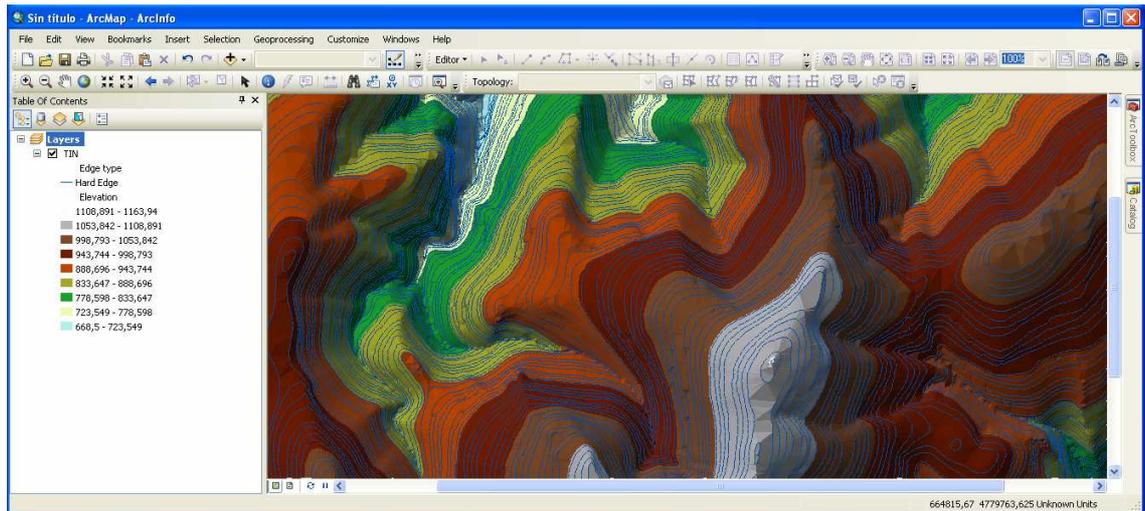


Figura 4.8. TIN obtenido en una zona.

4.2.1. MDE

Para esto lo que se hace es pasar el TIN a raster utilizando el comando 'TIN to Raster' de '3D Analyst Tools'. Hay que tener en cuenta el tamaño de píxel, con lo cual podría ser conveniente nombrarlo como 'Variable de valor'.

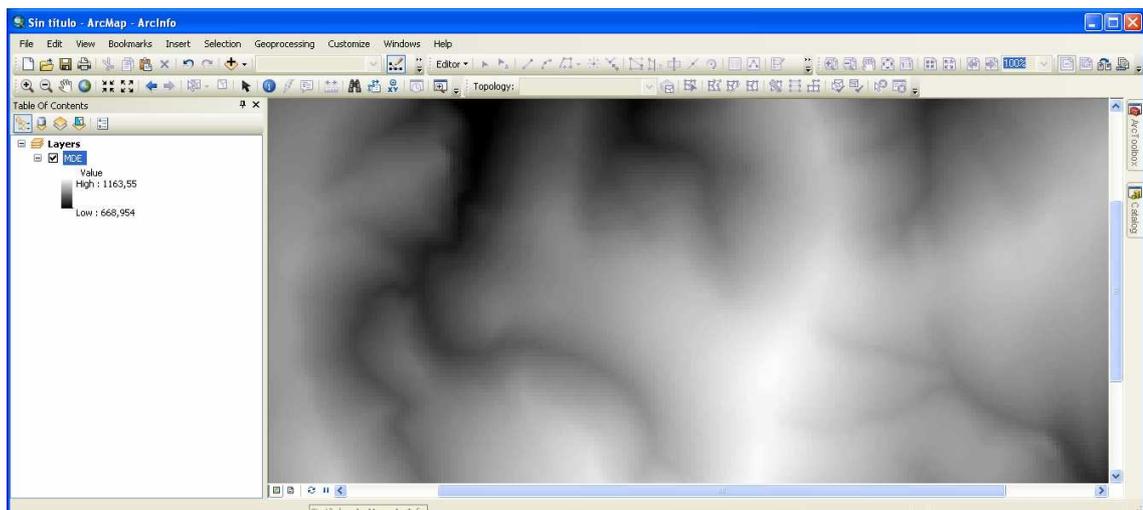


Figura 4.9. Modelo digital de elevaciones

4.2.2. MODELO DE PENDIENTES

Agregando el comando 'Slope' de 'Spatial Analyst Tools' sobre el lienzo obtenemos el modelo de pendientes a partir del MDE.

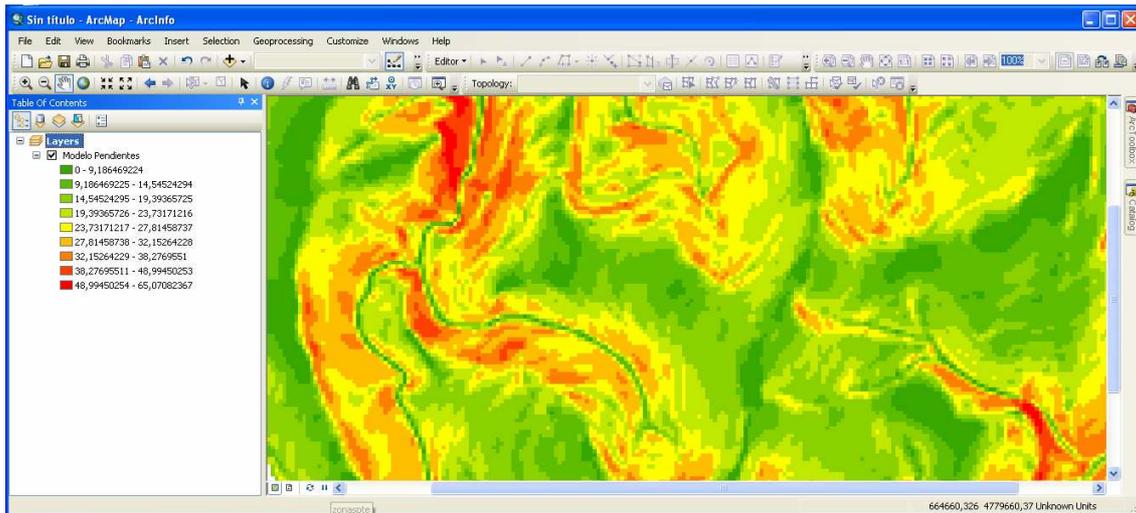


Figura 4.10. Modelo de pendientes

4.2.3. FILTRADO

Con el fin de suavizar el modelo de pendientes se pasa un filtro de paso bajo (low pass) de forma que se obtiene un mapa con zonas más homogéneas de la zona. El tipo de filtro será una 'Variable de valor'.

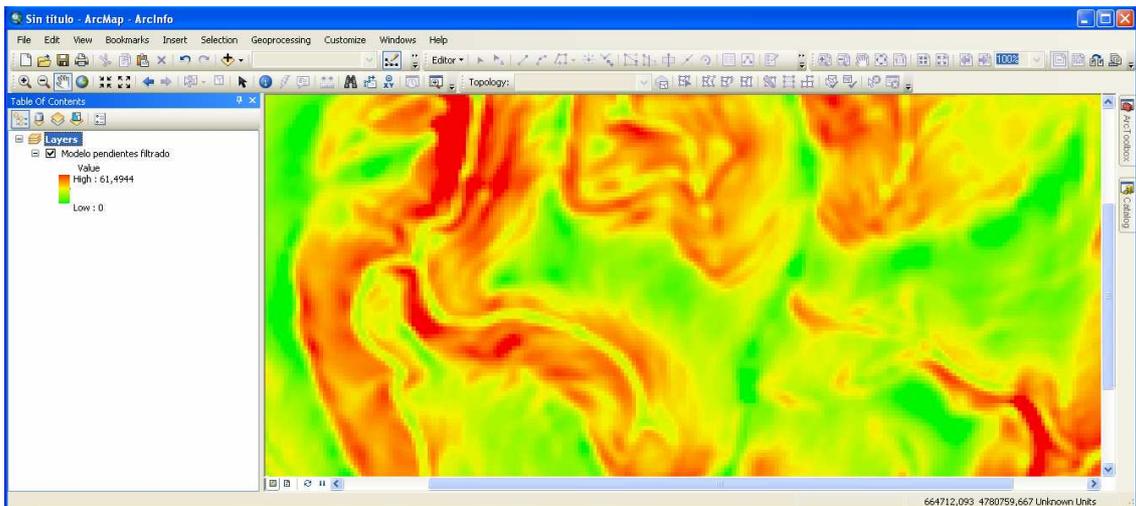


Figura 4.11. Modelo de pendientes al aplicar un filtro de paso bajo (low pass).

4.2.4. RECLASIFICACIÓN

El ultimo paso es reclasificar el modelo obtenido en cuatro clases, mediante la herramienta Reclassify de 'Spatial Analyst Tools'. Las clases se establecen en base a los criterios de entrada de máquinas forestales en el monte y se muestran en la tabla que sigue:

Tabla 4.2. Reclasificación del modelo de pendientes filtrado.

Clase	Pendiente (5)
1	0 – 20
2	20 – 35
3	35 -55
4	>55

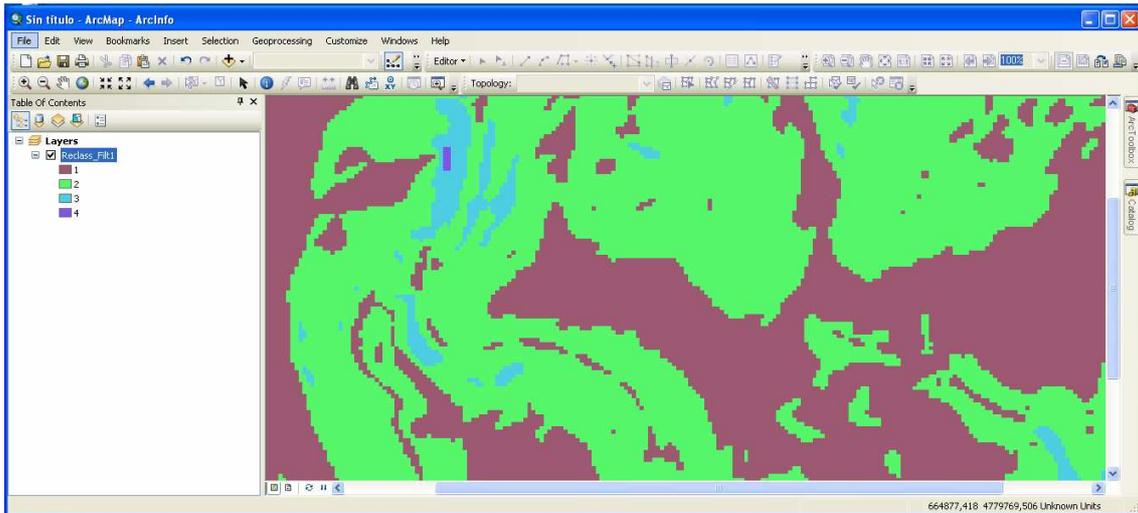


Figura 4.12. Reclasificación de la pendiente según los intervalos descritos en la tabla 4.2.

4.2.5. MODELO COMPLETO

A continuación vemos el modelo aplicado:

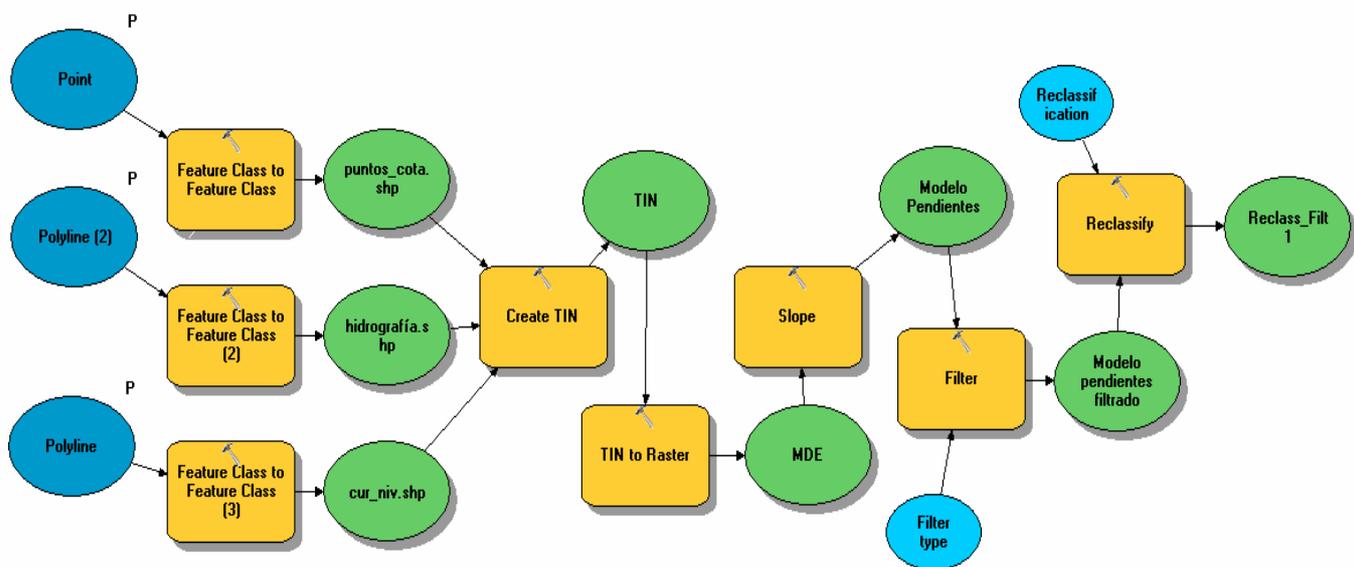


Figura 4.13. Modelo aplicado para obtener zonas de trabajo de pendiente homogénea.

4.3. EJEMPLO 3. OBTENCIÓN DE ZONAS ADECUADAS PARA ESTABLECER UNA PLANTACIÓN DE ROBLES (*Quercus robur* L.)

Suponemos un caso en el que queremos tener modelizado para todo el Principado de Asturias los lugares propicios para establecer una plantación de robles. Resulta evidente, que el empleo de la herramienta Model Builder de ArcGis10 nos ayudará a simplificar esta tarea.

4.3.1. DATOS DE PARTIDA

Como datos de partida contamos con los mapas digitales de todo el Principado de Asturias, a escala 1:5000 (.dgn). Así mismo, sabemos que las zonas idóneas para establecer un robledal deben cumplir las siguientes características (Bravo y Montero, 2008)

- Altitud media: 0-1000 m
- Pendiente: llanos o zonas de baja pendiente
- Exposición: media luz

Necesitamos, por tanto, el MDE (modelo digital de elevaciones), el MDP (modelo digital de pendientes) y el MDO (modelo digital de orientaciones) de forma que de su intersección se obtengan las zonas idóneas.

A continuación se explica la forma de resolver el caso planteado.

Como ya sabemos los **.dgn son un tipo de archivos que cuentan con una serie de capas que no se pueden modificar; por tanto un primer paso será exportar aquellas capas que nos interesan a un fichero .shp con el que poder trabajar en ArcGis (caso explicado en el *apartado 4.1*).

El MDE se construirá basándose en las curvas de nivel, en los ríos y en una serie de puntos de cota; explorando previamente los ficheros se observa que esta información se encuentra en las capas que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 4.3. Ubicación de las capas útiles para elaborar el MDE.

<i>Capa</i>	<i>Layer</i>
Curvas_nivel	5
Hidrografía	10
Puntos_cota	6

4.3.2. CONSTRUCCIÓN DEL TIN

Para realizar este ejemplo utilizamos el fichero E507462.dgn. Nombrando este archivo como 'parámetro' se consigue que si ejecutamos este modelo y sustituimos este parámetro (**.dgn) por otro tendremos el proceso completo para otra zona.

Utilizando la herramienta 'Feature class to feature class' se exportarán las capas de curvas de nivel, hidrografía y puntos de cota.

El siguiente paso es construir el modelo triangular (TIN) apoyándose en las curvas de nivel, hidrografía y puntos de cota. Para esto se genera un TIN incorporando exclusivamente la capa de curvas de nivel, teniendo en cuenta que han de ser líneas o polilíneas y que serán líneas de rotura.

4.3.2. CONSTRUCCIÓN DEL MDE

El primer paso es convertir el TIN en raster. Para ello se utiliza la herramienta 'Tin to raster'. Especificando que el atributo a representar es la elevación (cota) y el tamaño de pixel (20m).

Una vez obtenido el raster ya estamos en condiciones de generar los modelos derivados.

4.3.3. MODELOS DERIVADOS

El modelo digital de pendientes se obtiene a partir del Modelo digital de elevaciones con el comando 'Slope' de 'Spatial Analyst Tools'.

El modelo digital de orientaciones se obtiene a partir del Modelo digital de elevaciones aplicando el comando 'Aspect' de 'Spatial Analyst Tools'.

4.3.4. RECLASIFICACIÓN

Para obtener las zonas idóneas para establecer una plantación de robles establecemos en el fichero de ejemplo (E507462.dgn) una serie de criterios de

reclasificación que introduciremos mediante la herramienta ‘Reclassify’ de ‘Spatial Analyst Tools’ como ‘Variables de valor’. Las zonas que se estiman aptas pasan a tomar el valor 1 y las no aptas 0.

Estos criterios son los siguientes:

- Para la altitud, vamos a suponer que queremos establecer la plantación entre los 780 y 900 m.

Tabla 4.4. Criterios de reclasificación de la altitud

<i>Altitud (m)</i>	<i>Valor reclasificación</i>
780 – 900	1
900-1198	0
No data	No data

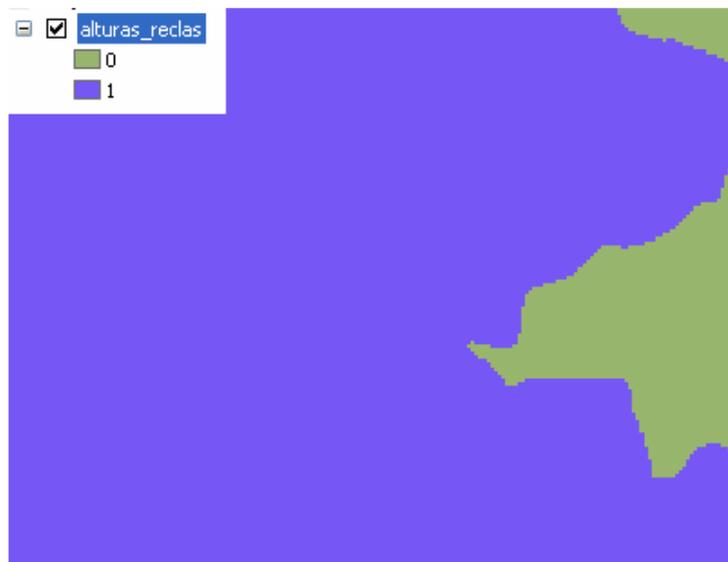


Figura 4.14. Modelo de alturas reclasificado

- Las pendientes estarán comprendidas entre el 0 y el 15%, ya que deben ser pendientes suaves.

Tabla 4.5. Criterios de reclasificación de la pendiente.

<i>Pendiente (%)</i>	<i>Valor reclasificación</i>
0 – 15	1
15 – 49,88	0
No data	No data



Figura 4.15. Modelo de pendientes reclasificado

- Las orientaciones elegidas serán al E (67,5 – 112,5 °).

Tabla 4.6. Criterios de reclasificación de la orientación.

Orientación (°)	Valor reclasificación
0 – 67,5	0
67,5 – 112,5	1
112,5 – 360	0
No data	No data

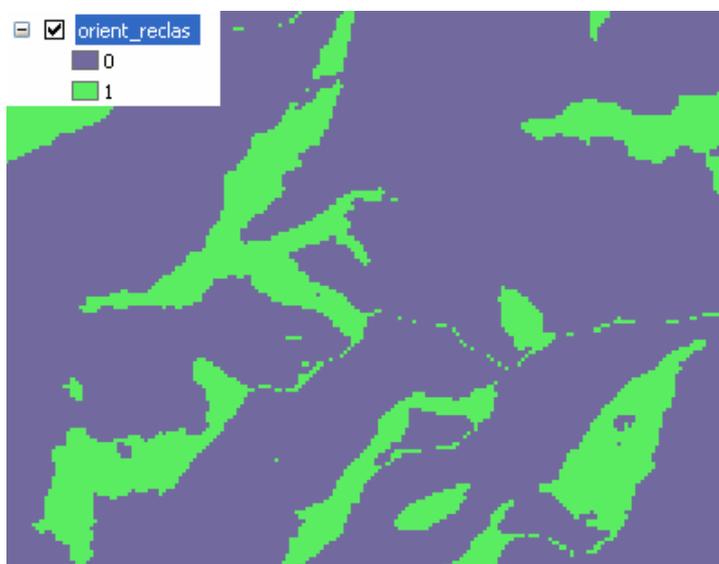


Figura 4.16. Modelo de orientaciones reclasificado

4.3.5. ALGEBRA DE MAPAS

Una vez reclasificados los modelos de alturas, pendientes y orientaciones estamos en condiciones de aplicar álgebra de mapas. Así, obtendremos la combinación de zonas propicias para establecer esta

plantación. Para realizar este paso agregamos al lienzo de trabajo el comando 'Raster calculator' de 'Spatial Analyst Tools'.

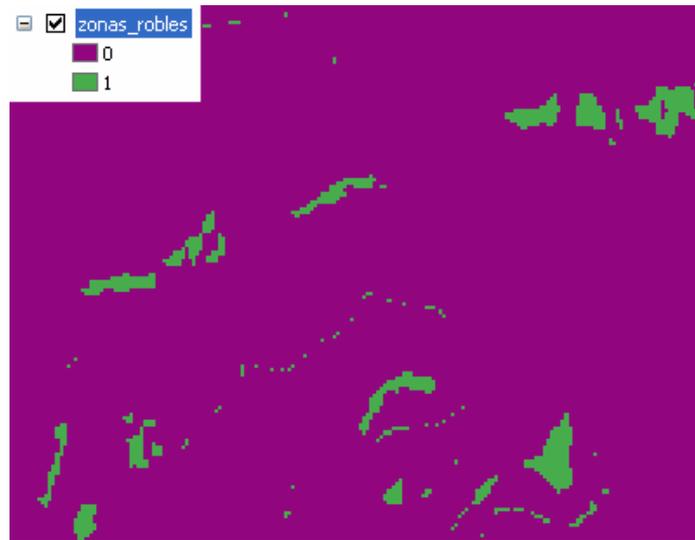


Figura 4.17. Resultado final de la zona idónea para establecer una plantación de robles.

4.3.6. MODELO COMPLETO

A continuación vemos el esquema del modelo completo.

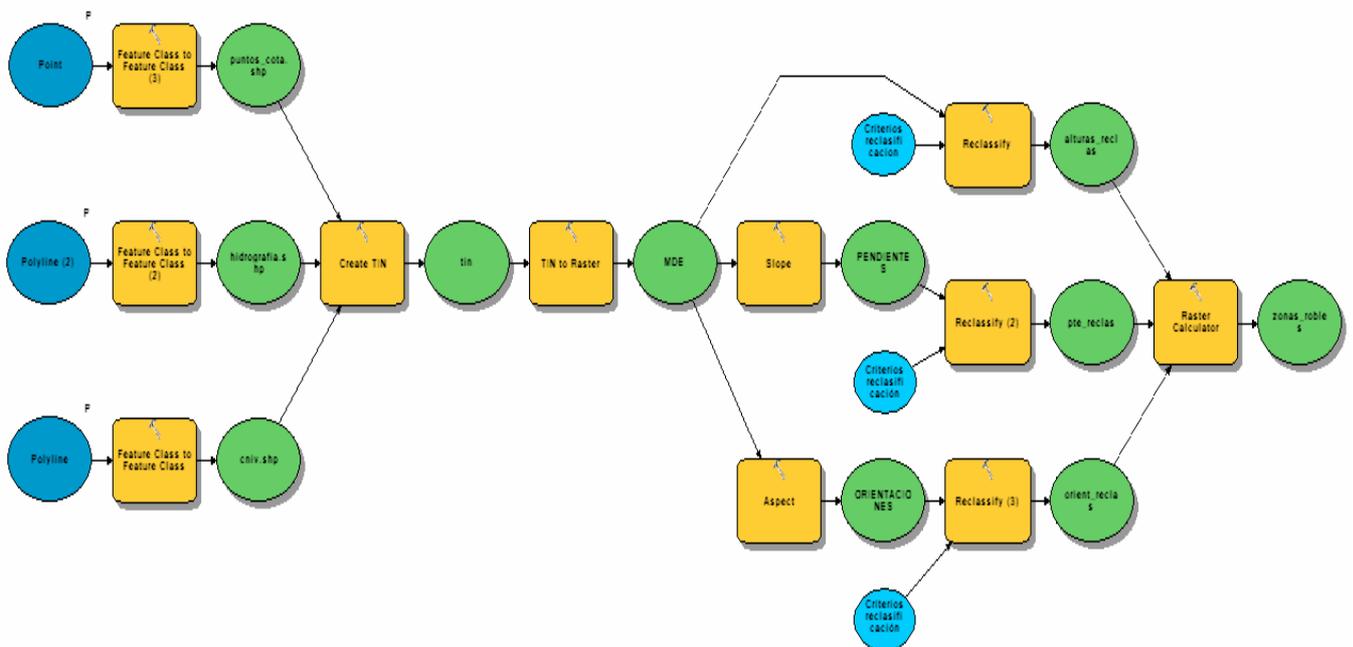


Figura 4.18. Modelo aplicado para obtener zonas idóneas para establecer una plantación de robles.

A la vista de los tres ejemplos anteriores podemos comprender la gran utilidad que supone el empleo de la herramienta Model Builder en el campo de la gestión forestal, y que hay infinidad de procesos a los que se puede aplicar.

La principal aplicación de los SIG en el área de los recursos forestales consiste en automatizar la recolección y manejo de abundantes datos, tarea que resulta de gran utilidad para confeccionar y actualizar inventarios forestales, planificar la explotación de bosques, definir sectores con distinto riesgo de incendios o establecer áreas de posible reforestación por ejemplo.

Entre estas aplicaciones la prevención de incendios forestales ha suscitado un mayor interés en los últimos años, sin duda por las importantes secuelas ecológicas y pérdidas económicas que conlleva este fenómeno.

La utilidad de la modelización en este sentido ha sido puesta de manifiesto por numerosos autores (Yool et al., 1984, Hamilton et al., 1989, Chuvieco y Congalton, 1989). De modo que todos ellos concluyen diciendo que su uso supone una gran ventaja a la hora de procesar volúmenes de datos importantes.

V. CONCLUSIONES

Tras aplicar la herramienta de modelización de procesos Model Builder de ArcGis10 a ejemplos de tareas realizadas con sistemas de información geográfica en la gestión forestal podemos concluir diciendo que:

- Resulta una herramienta indispensable para aquellas tareas repetitivas realizadas con sistemas de información geográfica.
- El ahorro de tiempo que supone el empleo de esta herramienta así como la comodidad de no tener que ejecutar cada herramienta por separado en cada proceso hace de Model Builder una herramienta indispensable en muchos sectores de trabajo y concretamente en el forestal.
- Como ventaja destacar que utiliza un lenguaje de programación muy intuitivo al ser principalmente gráfico.

VI. BIBLIOGRAFIA

6. 1. BIBLIOGRAFÍA

BELL, J. Elementos fundamentales para la planificación y ejecución de un inventario. En *XIII Silvotecnía*. Concepción, Chile. 12 p., 1999.

BRAVO, A.; MONTERO, G. (2008) Descripción de los caracteres culturales de las principales especies forestales de España En: SERRADA, R.; MONTERO, M. y REQUE, J. (2008) *Compendio de Selvicultura Aplicada en España*. INIA y FUCOVASA. Madrid.

CHUVIECO, E.; CONGALTON, R.G. (1989). Application of Remote Sensing and Geographic Information Systems to Forest Fire Hazard Mapping. *Remote Sensing of Environment*, vol. 29, pp. 147-159

CORVALÁN, P.; HERNÁNDEZ, H. J. Predicción del diámetro normal de individuos de pino insigne usando atributos locales de imágenes aéreas digitales. En *XIII Silvotecnía*. Concepción, Chile. 14 p.,1999.

GAYOSO, J.; ALARCÓN, D. *Guía de conservación de suelos forestales*. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. 96 p., 1999.

HAMILTON, M.P.; SALAZAR, L.A.; PALMER, K.E. (1989). Geographic Information Systems providing information for wildland FIRE planning. *Fire Technology*, vol. 25, pp. 5-23.

MENA, C., GALLARDO, J. ORMAZÁBAL, Y, MORALES, Y. MONTECINOS, R. "Teledetección y SIG en el Ambito Forestal: Experiencias en Chile". *Ambiencia*, vol. 2, edición especial 1, pp. 171 – 185, (Curitiba- Brasil) 2006.

SANCHEZ M.A., FERNANDEZ A.A., ILLERA P. (1999). Los sistemas de información geográfica en la gestión forestal. En: *Teledetección, avances y aplicaciones. VIII Congreso Nacional de Teledetección*. pp. 96-99. CASTAÑO FERNÁNDEZ S., QUINTANILLA RODENAS A. (Eds.). Albacete. España.

SAPUNAR, P.; G. MANSILLA; G. FUENTEALBA. Sistema cartográfico de apoyo a la planificación y habilitación de la cosecha. En *XIII Silvotecnía*. Concepción, Chile. 12 p.,1999.

YOOL, S.R., ECKHARDT, D.W., ESTES, J.E.; COSENTINO, M.J. (1985). Describing the brushfire hazard in southern California. *Annals of the Association of American Geographers*, vol. 75, pp. 417-430

6.2. BIBLIOGRAFÍA ELECTRÓNICA:

(<<http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/na/002w000000101000000/>> [Consulta: julio de 2012]

(<<http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/na/002s00000003000000/>> [Consulta: julio de 2012]

(<<http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/na/002s00000001000000/>> [Consulta: julio de 2012]