

# **SIG VECTORIAL**

**REPRESENTACIÓN VECTORIAL DE LA INFORMACIÓN ESPACIAL**

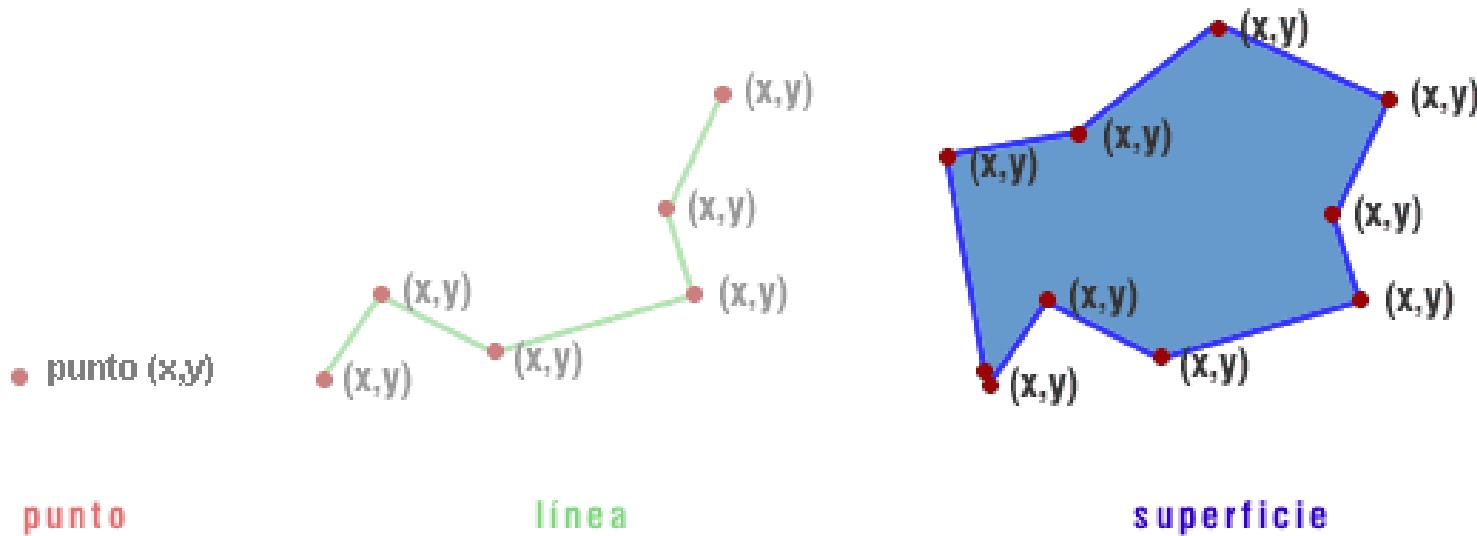
# CONCEPTOS GENERALES

- El modelo vectorial es una estructura de datos utilizada para almacenar datos geográficos.
- Los datos vectoriales constan de líneas o arcos, definidos por sus puntos de inicio y fin, y puntos donde se cruzan varios arcos, los nodos.
- La localización de los nodos y la estructura topológica se almacena de forma explícita.
- Las entidades quedan definidas por sus límites solamente y los segmentos curvos se representan como una serie de arcos conectados.
- El almacenamiento de los vectores implica el almacenamiento explícito de la topología, sin embargo sólo se almacenan aquellos puntos que definen las entidades y todo el espacio fuera de éstas no está considerado.

# DEFINICIÓN

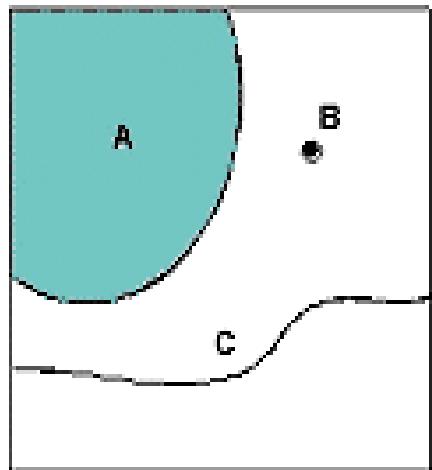
- El modelo vectorial representa los objetos espaciales codificando, de modo explicito, sus “fronteras” (el límite o perímetro que separa el objeto del entorno).
- Las líneas que actúan de fronteras son representadas mediante las coordenadas de los puntos o vértices que delimitan los segmentos rectos que la forman.
- El elemento fundamental de referencia en este tipo de representación es el segmento lineal, delimitado por dos vértices, esto es válido en general si se admite que un punto es una línea de longitud cero.
- La representación vectorial esta unida a una geocodificación “continua” de las coordenadas.

# FORMATO VECTORIAL

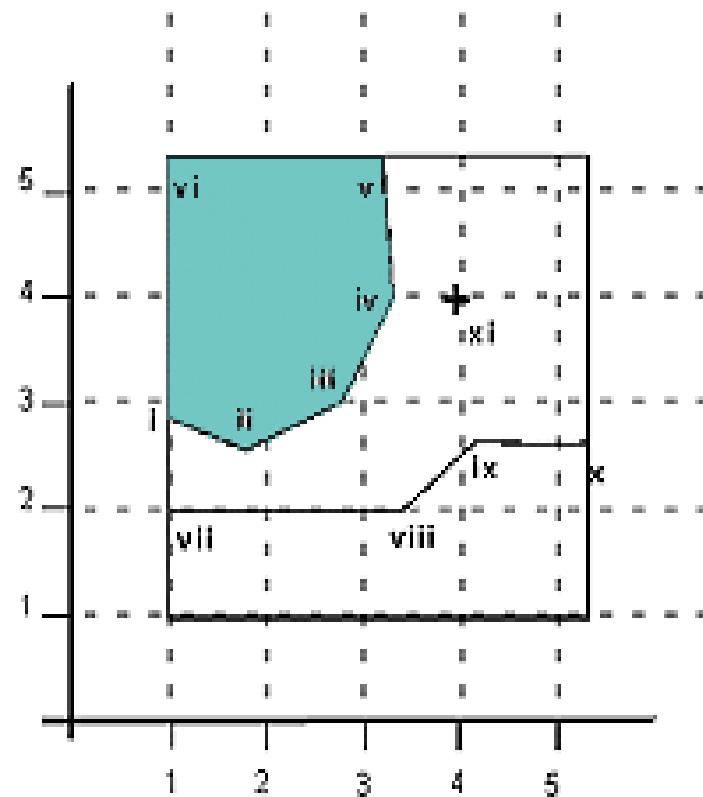


# REPRESENTACIÓN VECTORIAL

realidad



modelo digital



Vértice	X	Y
i	1	3
ii	1.8	2.6
iii	2.8	3
iv	3.3	4
v	3.2	5.2
vi	1	5.2
vii	1	2
viii	3.5	2
ix	4.2	2.7
x	5.2	2.7
xi	4	4

Fuente: [http://www.geogra.uah.es/gisweb/1modulosespanyol/IntroduccionSIG/GISModule/GIST\\_Vector.htm](http://www.geogra.uah.es/gisweb/1modulosespanyol/IntroduccionSIG/GISModule/GIST_Vector.htm)

Laboratorio de Técnicas Aplicadas al Análisis del Territorio – Departamento de Geografía – Facultad de Ciencias

# REPRESENTACIÓN DE ENTIDADES

ENTIDAD	DIMENSION TOPOLOGICA	REPRESENTACION
Punto	0	Par de coordenadas x, y
Línea	1	Se aproxima mediante el trazado de segmentos lineales que se cruzan en vértices.
Polígono	2	Se codifican aproximando sus fronteras mediante segmentos lineales que se cortan igualmente en vértices.

# MODELO VECTORIAL Y OBJETOS GEOGRÁFICOS

Los objetos geográficos - abstracciones de elementos del mundo real que están asociadas a una posición geográfica y temporal definida.

Estos objetos presentes en el mundo real tienen dos tipos básicos de abstracción: ocurrencias y tipos.

## ***Ocurrencia o instancia -***

Es cualquier objeto que es diferenciado de los demás teniendo en cuenta sus características propias, es decir, se particulariza o se vuelve único. Por ejemplo: Río Magdalena, Río Amazonas, Río Orinoco, etc. Podemos identificar cada objeto de manera inequívoca y con una ubicación espacial específica.

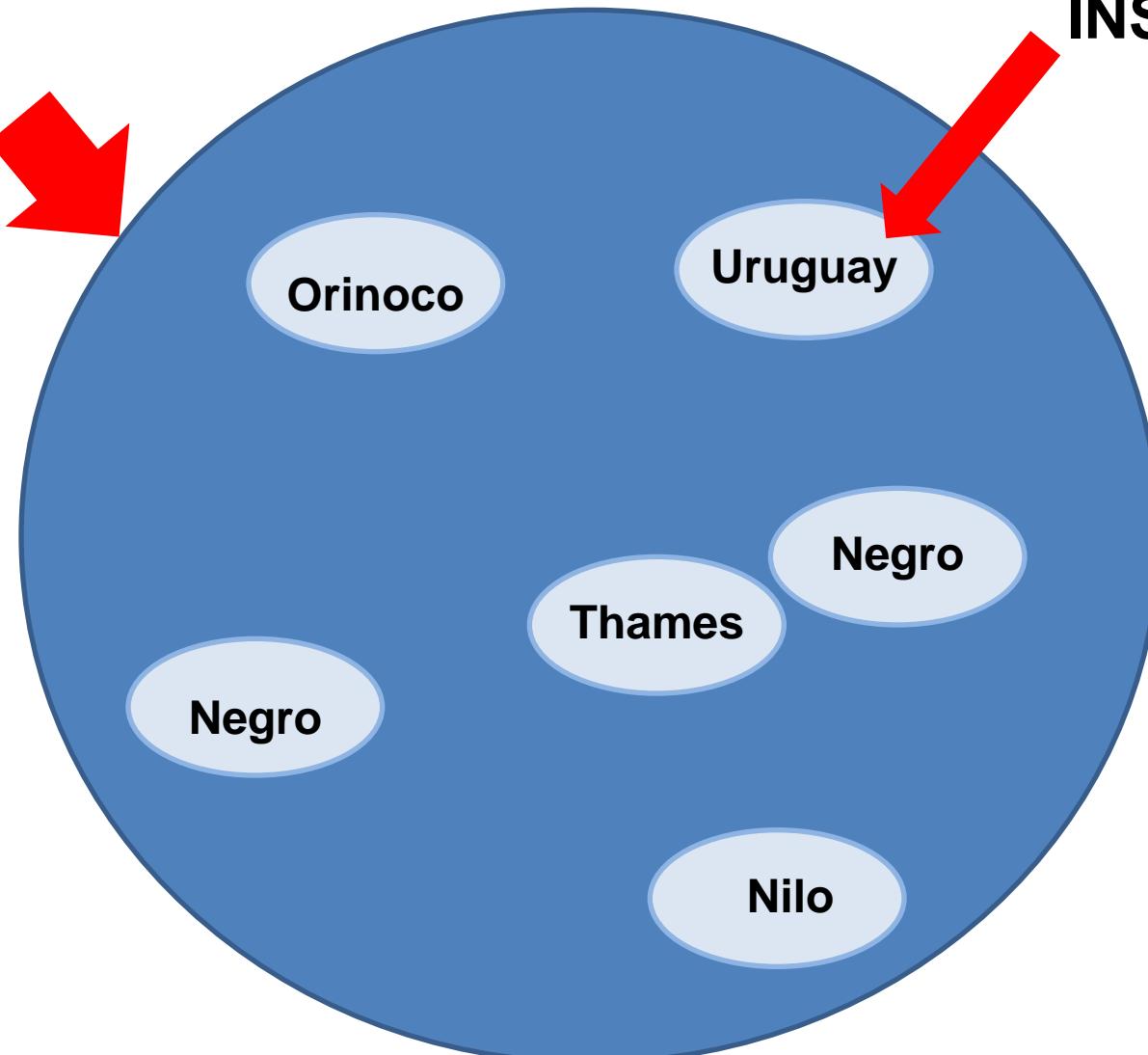
## ***Tipo***

Cuando un conjunto de elementos posee características similares y éstos son abstraídos como una clase de elemento, se les llama tipos. Esta forma de abstracción es comúnmente utilizada para la definición de catálogos.

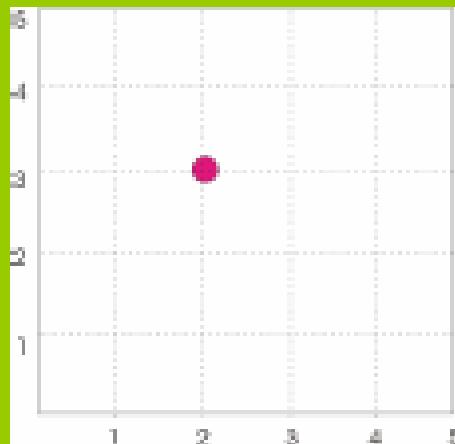
Fuente: ICDE

TIPO

INSTANCIA



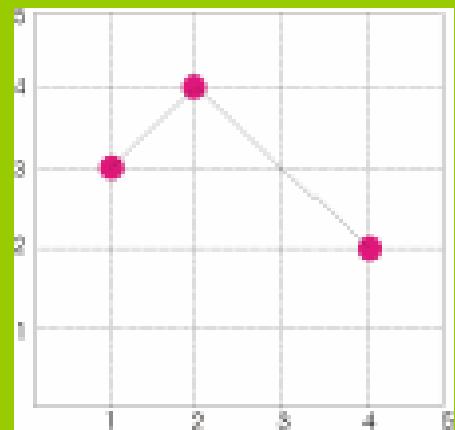
Los objetos geográficos pueden pertenecer a mas de un tipo? formar mas de una instancia? Pertener a varias geometrías?



### Punto

2,3

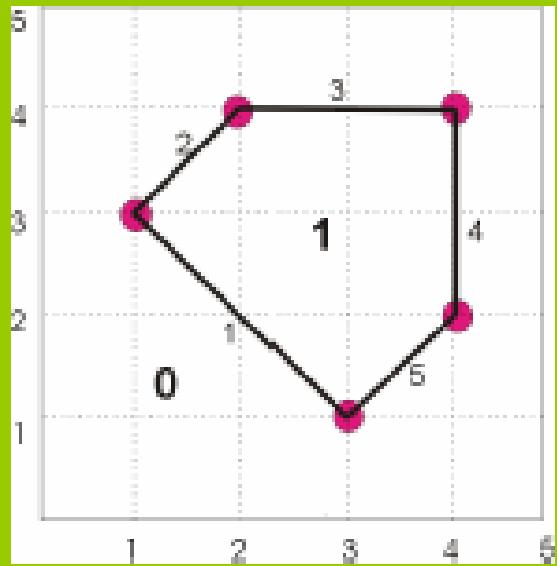
Así podría representarse una ciudad en un mapa de pequeña escala (por ejemplo 1:1.000.000), una casa aislada a escala 1:50.000 o un árbol a escala 1:10.000.



### Línea

1,3  
2,4  
4,2

Las líneas o arcos están determinadas por puntos con coordenadas x,y. Este modelo es muy útil para representar con bastante precisión los elementos que a escala aparecen como lineales (cursos de agua, carreteras, oleoductos, gasoductos, vías, etc.).



Polígono 1

3,1  
1,3  
2,4  
4,4  
4,2  
3,1

Es útil para simbolizar áreas pequeñas donde la precisión debe ser mayor. En un modelo vectorial también es fácil superponer polígonos y evidenciar el crecimiento o la reducción de áreas; por ejemplo expansión de centros poblados, retroceso de superficies de humedales, etc.

# MODELOS DE DATOS VECTORIALES

Sobre el modelo vectorial general se pueden formular varias estructuras de datos.

Existen diferentes representaciones del conjunto de datos expresados según varios métodos posibles de compresión de los datos vectoriales

LISTAS DE COORDENADAS (*spaghetti*)

DICCIONARIO DE VERTICES

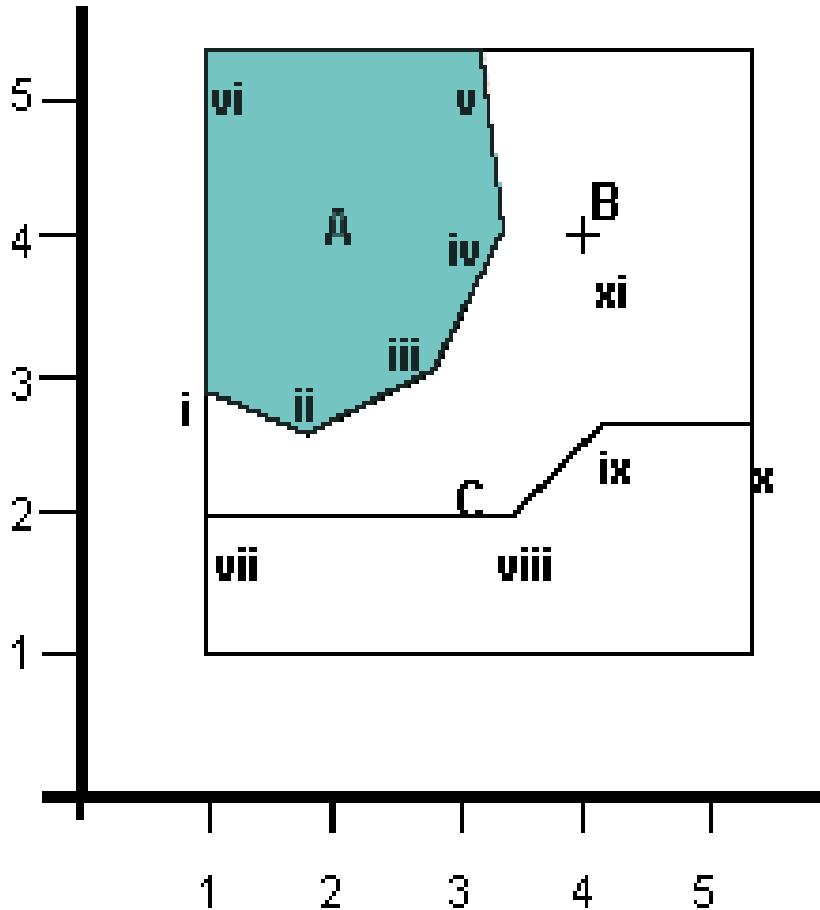
ORGANIZACIÓN DIME

ESTRUCTURA ARCO/NODO

# LISTA DE COORDENADAS

- Se almacenan dos pares de coordenadas que definen un segmento de resta.
- Registro
  - Nombre del objeto
  - Número de vértices que definen su frontera
  - Coordenadas x, y de cada vértice
- En caso de polígonos se repite el primer vértice para indicar que es una figura cerrada.

# LISTA DE COORDENADAS



- A, 6 (identificador del polígono y nº de vértices)  
1, 3 (coordenadas del primer vértice)  
1.8, 2.6
- 2.8, 3
- 3.3, 4
- 3.2, 5.2
- 1, 5.2
- 1, 3 (coordenadas del primer vértice de nuevo)
- B, 1 (identificador del punto y nº de vértices)  
4, 4
- C, 4 (identificador de la línea y nº de vértices)  
1, 2  
3.5, 2  
4.2, 2.7  
5.2, 2.7

Fuente: [http://www.geogra.uah.es/gisweb/1modulosespanyol/IntroduccionSIG/GISModule/GIST\\_Vector.htm](http://www.geogra.uah.es/gisweb/1modulosespanyol/IntroduccionSIG/GISModule/GIST_Vector.htm)

Este modelo es simple y fácil de manejar pero no almacena topología, lo que le impide ser óptimo para las operaciones de análisis, y contiene información redundante, de ahí que necesite mayor espacio de almacenamiento

### Características

- Es la forma más sencilla e intuitiva
- Muy utilizada en la cartografía automática

### Inconvenientes

- No representa de modo explícito la topología de los datos espaciales
- Los vértices pueden estar duplicados o triplicados
- Existe el riesgo de que un vértice sea registrado de forma diferente en cada segmento recto a que pertenezca (problemas de digitalización y entrada de datos)

Se originan errores en el trazado de los polígonos:

- Huecos inexistentes
- Penetración de un polígono en otro

# DICCIONARIO DE VÉRTICES

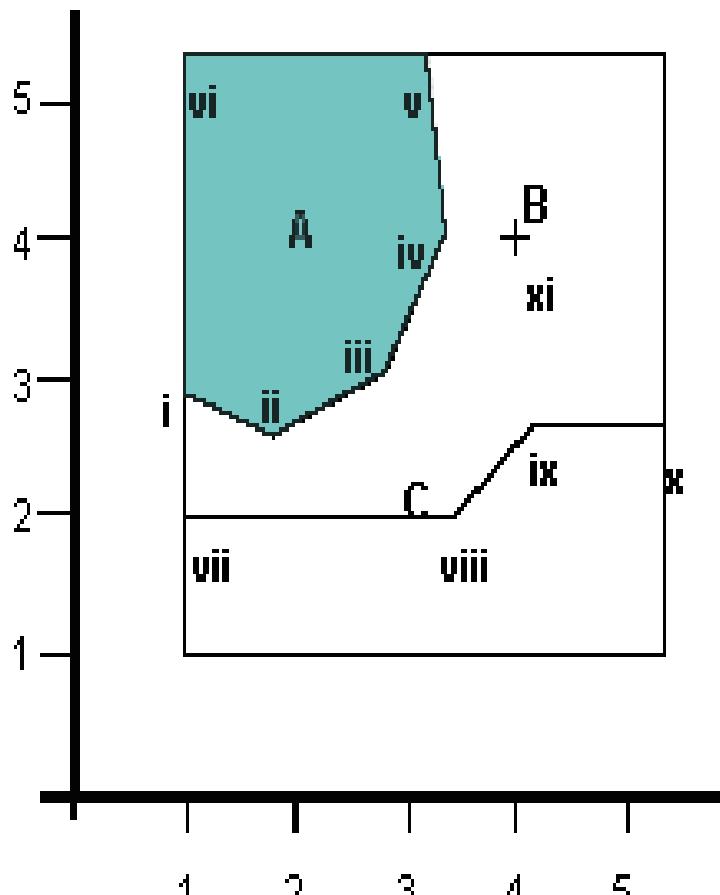
- Se registra una sola vez las coordenadas de cada vértice que existe en el mapa fuente.
- Cada uno de los cuales ha sido previamente identificado con uno nombre o etiqueta.
- Se crea un diccionario de vértices que constituyen cada objeto espacial identificable en el mapa.
- Características:

La información no está duplicada

No existe el problema de registrar de modo diferentes las Coordenadas

La topología no se conoce suficientemente; no hay operaciones redundantes, pero tampoco almacena la topología

# DICCIONARIO DE VÉRTICES

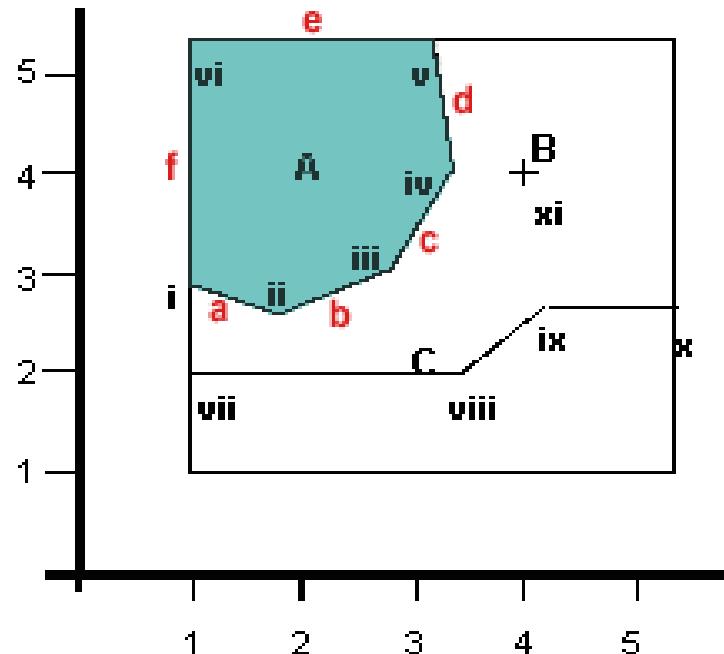


<u>fichero 1</u>		<u>fichero 2</u>	
vértice	X	Y	
i	1	3	polígono A: i, ii, iii, iv, v, vi
ii	1.8	2.6	punto B: xi
iii	2.8	3	línea C: vii, viii, ix, x
iv	3.3	4	
v	3.2	5.2	
vi	1	5.2	
vii	1	2	En este modelo no hay
viii	3.5	2	redundancia, pero
ix	4.2	2.7	tampoco se almacena la
x	5.2	2.7	topología
xi	4	4	

Fuente: [http://www.geogra.uah.es/gisweb/1modulosespanyol/IntroduccionSIG/GISModule/GIST\\_Vector.htm](http://www.geogra.uah.es/gisweb/1modulosespanyol/IntroduccionSIG/GISModule/GIST_Vector.htm)

# FICHERO DIME (DUAL INDEPENDENT MAP ENCODING)

- Elaborado por la Oficina del Censo de los EE.UU. 1970
- Recoge la topología de manera completa
- Se crea una lista de vértices con nombres y coordenadas
- Objetos lineales:
  - se codifican indicando en qué vértice empieza y en qué vértice termina cada uno de ellos
  - los nodos (intersecciones de líneas) se identifican con códigos
  - se asigna un código direccional de la forma "from node" (nodo origen) y "to node" (nodo final)
  - tanto las direcciones de las calles como las coordenadas UTM se definen de forma explícita para cada vínculo



<u>fichero 1</u>		
vértice	X	Y
i	1	3
ii	1.8	2.6
iii	2.8	3
iv	3.3	4
v	3.2	5.2
vi	1	5.2
vii	1	2
viii	3.5	2
ix	4.2	2.7
x	5.2	2.7
xi	4	4

segmento	polig. dcha.	polig. izq.	vértice origen	vértice final
a	externo	A	i	ii
b	externo	A	ii	iii
c	externo	A	iii	iv
d	externo	A	iv	v
e	externo	A	v	vi
f	externo	A	vi	i
g	externo	externo	vii	viii
h	externo	externo	viii	ix
i	externo	externo	ix	x

poligono	segmentos
A	a, b, c, d, e, f

Fuente: [http://www.geogra.uah.es/gisweb/1modulosespanyol/IntroduccionSIG/GISModule/GIST\\_Vector.htm](http://www.geogra.uah.es/gisweb/1modulosespanyol/IntroduccionSIG/GISModule/GIST_Vector.htm)

Los segmentos rectos que delimitan polígonos (caso más problemáticos) se codifican indicando:

- su nombre (el del segmento recto)
- el vértice en el que se inicia
- el vértice en el que se termina (recoge el sentido de cada segmento lineal del límite)
- el polígono que tiene a la izquierda y el polígono que tiene a la derecha

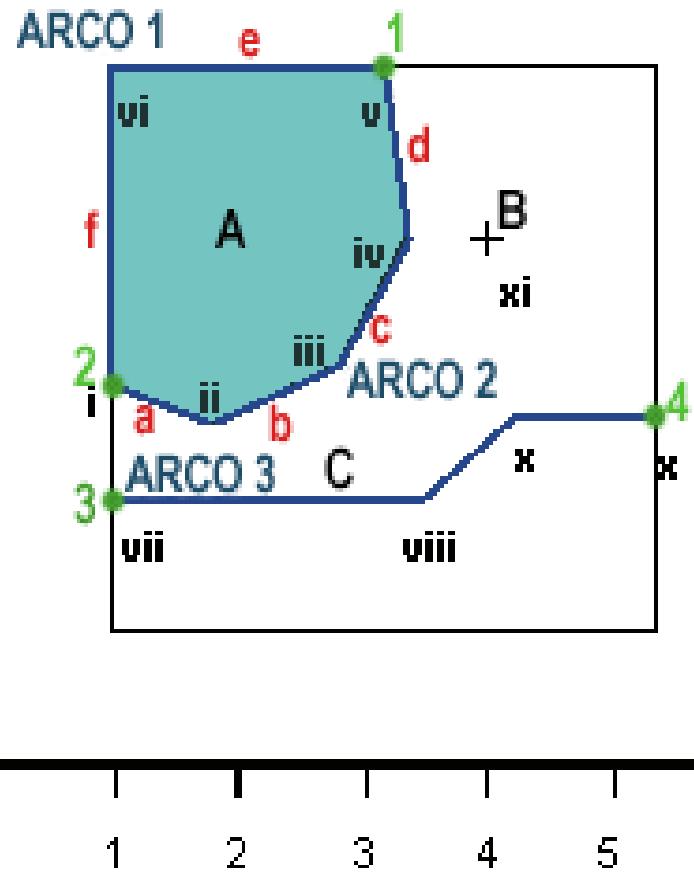
Este procedimiento permite incluir todos los elementos topológicos importantes. Posibilita:

- conocer que líneas están conectadas
- qué segmentos delimitan un polígono
- qué polígonos son contiguos

- Están muy adaptados al registro de la información espacial y de los hechos geográficos artificiales: límites administrativos, parcelas catastrales, etc.
- En ellos no existe un grado de complejidad de la frontera de modo que el segmento recto resulta adecuado como base de la codificación.
- Otros tipos de objetos, especialmente aquellos de carácter natural resultaría demasiado complejo tener que codificar la topología de todos y cada uno de los segmentos rectos que es necesario trazar.
- En esta estructura de datos, cada segmento finaliza cuando cambia su dirección o cuando interseca con otra línea y los nodos se identifican mediante códigos

# ORGANIZACIÓN ARCO/NODO

- Laboratorio de Harvard desarrolla otra estructura de datos (antecedente: POLYVRT - polygon converter)
- Aquí el elemento base no es el segmento recto sino la cadena o arco formado por la sucesión de segmentos rectos, todos aquellos que tienen la misma topología.
- Otro elemento fundamental es el nodo: cada uno de los vértices en que se cruzan tres o más arcos o que es el punto Terminal de una línea o arco.
- Los polígonos se codifican indicando los arcos que le rodean, a su vez los arcos se registran indicando el nodo de salida, el nodo de llegada, el polígono a la izquierda y el polígono a la derecha.
- Se registran las coordenadas de todos los puntos (nodos y veraces normales).
- Esta organización se ha convertido en la más característica para los sistemas vectoriales, y es utilizada por diversos SIG



Fichero 1. Coordenadas de los nodos y vértices de cada arco

ARCO	Nodo origen	Vértices intermedios	Nodo final
1	3.2, 5.2	1, 5.2	1,3
2	1,3	1.8,2.6 2.8,3 3.3,4	3.2, 5.2
3	1,2	3.5,2 4.2,2.7	5.2,2.7

Fichero 2. Topología de arcos

ARCO	Nodo origen	Nodo final	Polígono derecha	Polígono izquierda
1	1	2	Externo	A
2	2	1	1A	Externo
3	3	4	4	Externo

Fichero 3. Topología de polígonos

Polígono	Arcos
A	1, 2

Fichero 4. Topología de los nodos

Nodo	Arcos
1	1,2
2	1,2
3	3
4	3

Fuente:

[http://www.geogra.uah.es/gisweb/1modulosespagnol/introducionSIG/GISModule/GIST\\_Vector.htm](http://www.geogra.uah.es/gisweb/1modulosespagnol/introducionSIG/GISModule/GIST_Vector.htm)

Suprime el almacenamiento y las deficiencias encontradas del modelo básico topológico almacenando separadamente cada tipo de entidad (punto, línea, polígono)

Estos objetos separados se relaciona entre si a través de una estructura de datos jerárquica donde los puntos se relacionan con líneas y estas con polígonos, mediante el uso de punteros.

# ENTRADA DE DATOS EN UN SIG VECTORIAL

- Serie de modificaciones y simplificaciones de los elementos de la realidad para su ingreso en un SIG.
- Creación de una base de datos que represente fielmente las características espaciales y temáticas de un fenómeno real.
- Los procedimientos de ingreso dependen de las fuentes de información disponibles.
- Dos grandes fuentes:  
observación directa y  
fuentes secundarias (mapas analógicos, fotografía aérea analógica, documentos numéricos, censales, etc.)

# MÉTODOS DE OBSERVACIÓN DIRECTA

- Procedimiento más seguro para generar una base confiable.
- Implica grandes costos en dinero y tiempo
- GNSS (*Global Navigation Satellite System*) Son sistemas de navegación satelital que permiten obtener la posición de puntos en forma instantánea y factibles de ser incorporados en forma directa a un SIG.
- Levantamiento topográfico

# EMPLEO DE FUENTES SECUNDARIAS

- Fuentes de información más utilizadas
- Necesidad de realizar conversión de formatos:
  - analógico - digital
  - raster – vectorial
- Etapas del proceso:
  - Digitalización de la información cartográfica analógica
  - Etiquetado de cada objeto geográfico digitalizado con un identificador unívoco
  - Asignación de la información temática a cada objeto geográfico digitalizado y correctamente identificado.

# DIGITALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Digitalización vectorial semiautomática

Digitalización con la estructura de lista de coordenadas

Digitalización para crear un diccionario de vértices

Digitalización topológica. Creación de la organización “arco/nodo”

Vectorización de datos raster

Vectorización automática de datos raster

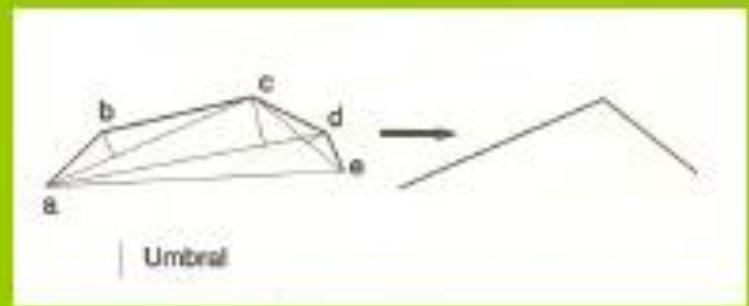
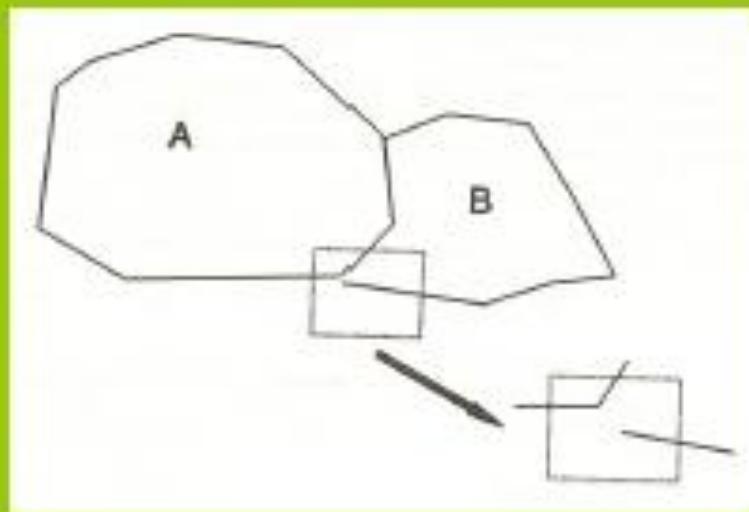
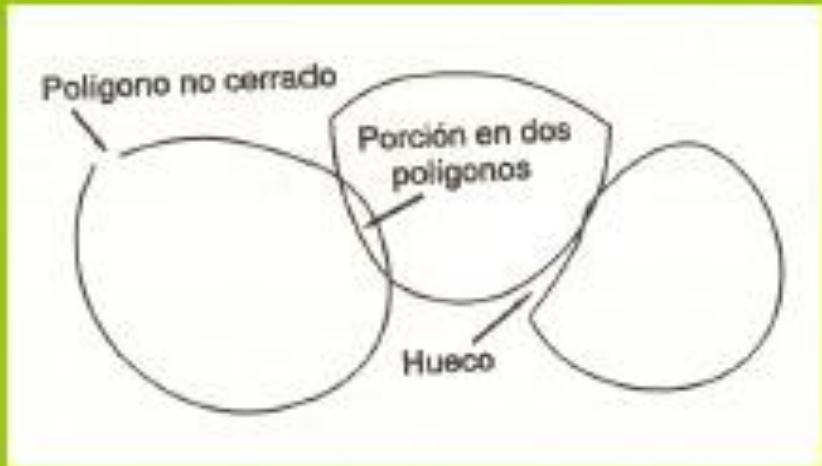
Vectorización semiautomática.

Edición manual: permite la eliminación de errores y redundancias en los datos digitalizados de líneas

Etiquetas o nombres de los objetos geográficos

Entrada de la información temática

Simplificación de líneas



Fuente: Bosque Sendra (1992)

# TOLERANCIAS

Solapamiento de nodos

Número de vértices por línea

Nodos colgantes:  
Corte de líneas  
Extensión de líneas

Dangles



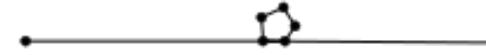
Switchbacks



Knots



Loops



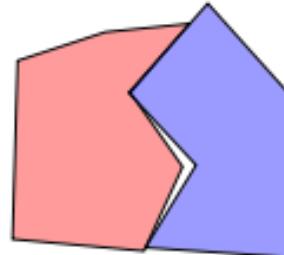
Overshoots



Undershoots



Slivers



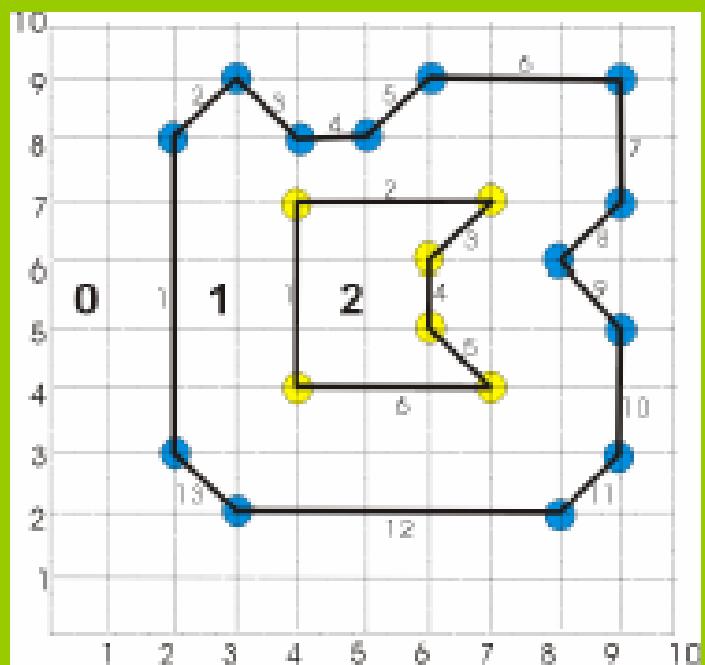
# TOPOLOGÍA

Se conoce como topología a las relaciones que deben cumplir las geometrías de las entidades espaciales; consigo mismas y con otras geometrías. Puesto que estas relaciones se explicitan en forma de restricciones, y puesto que cada modelo de datos de información vectorial puede forzar el cumplimiento de distintas restricciones (normalmente en función del uso que se vaya a dar a la información almacenada según este modelo).

Al conjunto de restricciones topológicas asociadas a un determinado modelo de datos vectorial lo conoceremos como modelo topológico, o simplemente, topología.

Las topologías ayudan a garantizar la integridad de los datos y ayuda a validar y a mantener mejores representaciones de las entidades.

A través de ella se modelan relaciones espaciales entre las entidades. De este modo, se pueden realizar diversas operaciones analíticas, como buscar entidades adyacentes, usar límites coincidentes entre las entidades y navegar por entidades conectadas.



Polygon	Arco	Node inicial	Node final	Izquierda	Derecha
1	1	23	28	0	1
1	2	28	39	0	1
1	3	39	48	0	1
1	4	48	58	0	1
1	5	58	69	0	1
1	6	69	99	0	1
1	7	99	97	0	1
1	8	97	86	0	1
1	9	86	95	0	1
1	10	95	93	0	1
1	11	93	82	0	1
1	12	82	32	0	1
1	13	32	23	0	1
2	1	44	47	1	2
2	2	47	77	1	2
2	3	77	66	1	2
2	4	66	65	1	2
2	5	65	74	1	2
2	6	74	44	1	2

# CREACIÓN DE TOPOLOGÍA

1. Definir un conjunto de restricciones topológicas que han de regir las relaciones de los elementos geométricos consigo mismos, con otros elementos geométricos de una misma capa y con los elementos geométricos de otras capas.
2. Validar el cumplimiento de las restricciones topológicas definidas en la topología por las diferentes geometrías puestas en juego en el modelo topológico.
3. Visualizar aquellos casos que no pasaron el proceso de validación originando errores topológicos, tanto de forma gráfica como alfanumérica, proporcionando información sobre el tipo de error producido y los elementos vectoriales que intervinieron.
4. Aplicar correcciones topológicas a las geometrías que causaron un error topológico, bien de forma automatizada mediante la ejecución de geoprocessos dedicados bien de forma interactiva haciendo uso de las herramientas de diseño.

# RELACIONES TOPOLÓGICAS

La topología especifica cómo las entidades poligonales, lineales y de puntos comparten la geometría. La topología se utiliza para:

Restringir la forma en que las entidades comparten la geometría. Por ejemplo, los polígonos adyacentes, como parcelas, tienen bordes compartidos; las líneas de centro de calles y los bloques censales comparten la geometría; y los polígonos de tierra adyacentes comparten bordes.

Definir y aplicar las reglas de integridad de datos: no debe haber huecos entre los polígonos, no debe haber entidades superpuestas, etc.

Admitir las consultas y la navegación por las relaciones topológicas, como la identificación de la adyacencia y de la conectividad de las entidades.

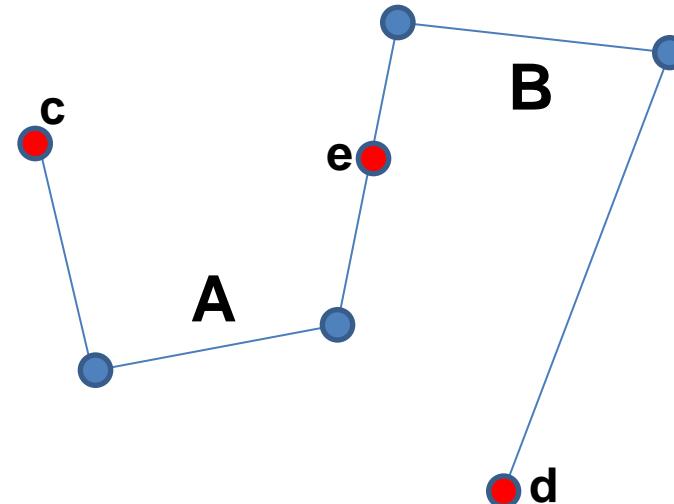
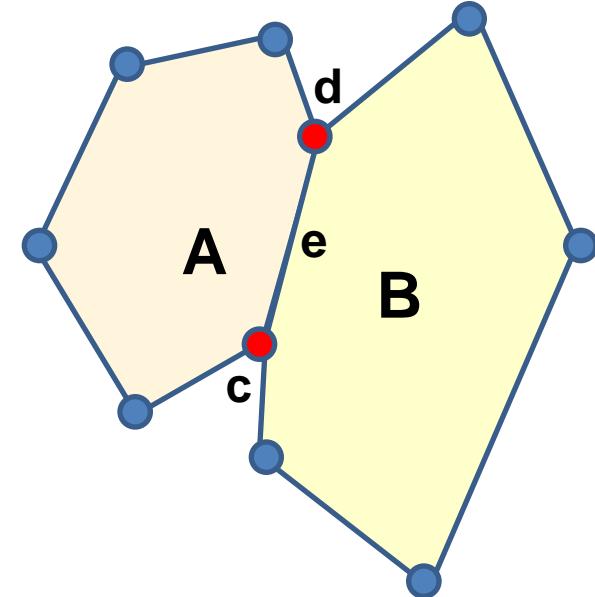
Admitir sofisticadas herramientas de edición que aplican las restricciones topológicas del modelo de datos.

Crear entidades a partir de una geometría no estructurada, como crear polígonos a partir de líneas.

# CÓMO COMPARTEN GEOMETRÍA LAS ENTIDADES EN UNA TOPOLOGÍA

Las entidades pueden compartir geometría dentro de una topología. Éstos son algunos ejemplos entre entidades adyacentes:

Los polígonos A y B comparten los nodos c y d , y la arista e.



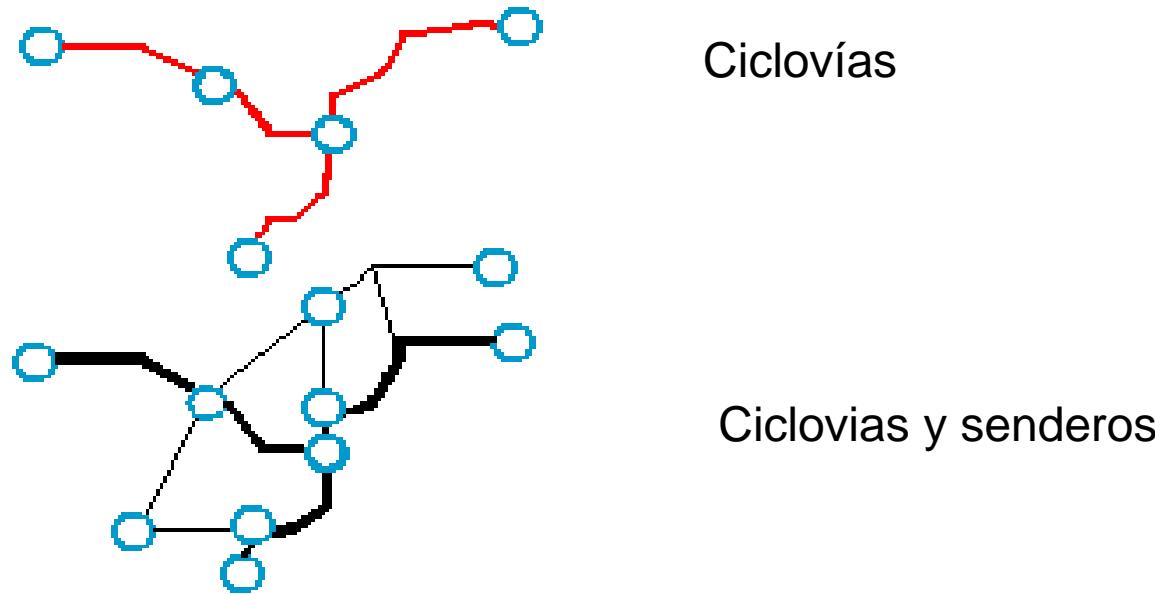
Las líneas A y B tienen los nodos finales c, d y e. Comparten el nodo e.

Las entidades de área pueden compartir límites (topología de polígonos).

Las entidades de línea pueden compartir extremos (topología de borde-nodo).

## CÓMO COMPARTEN GEOMETRÍA LAS ENTIDADES EN UNA TOPOLOGÍA

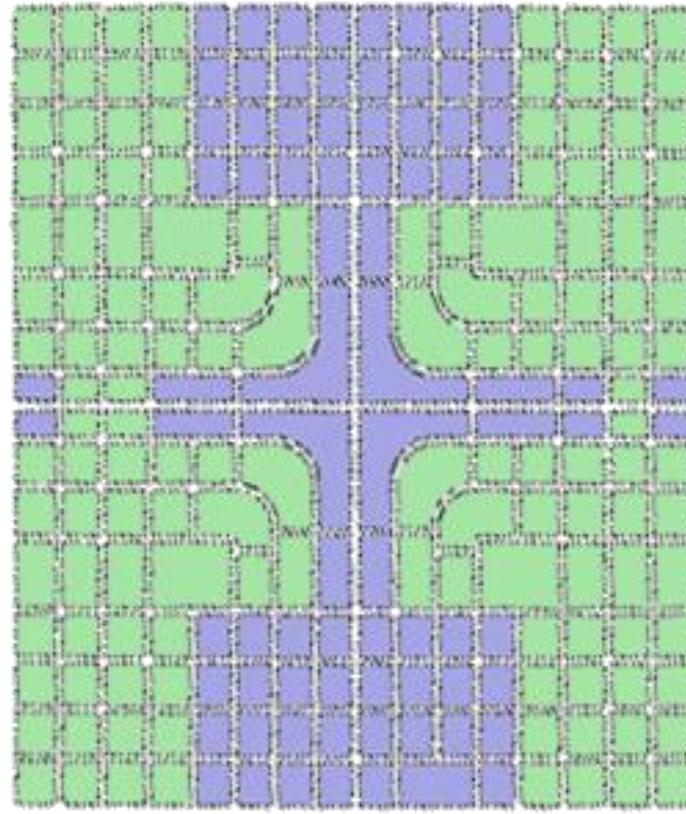
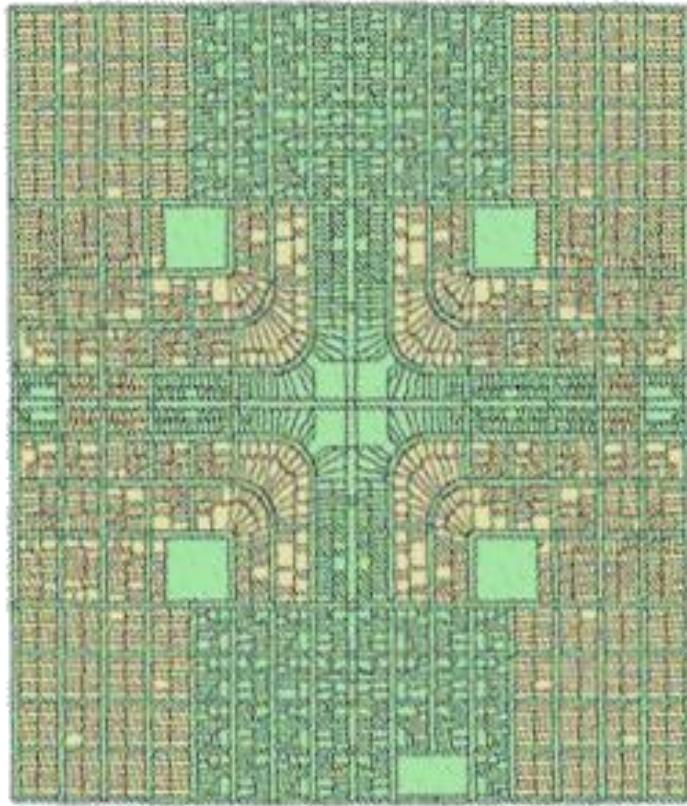
Además, la geometría compartida se puede administrar entre clases de entidad utilizando una topología de geodatabase. Por ejemplo:



Geometría compartida entre senderos y ciclovías (líneas más gruesas).

# CÓMO COMPARTEN GEOMETRÍA LAS ENTIDADES EN UNA TOPOLOGÍA

Las entidades de área pueden ser coincidentes con otras entidades de área.

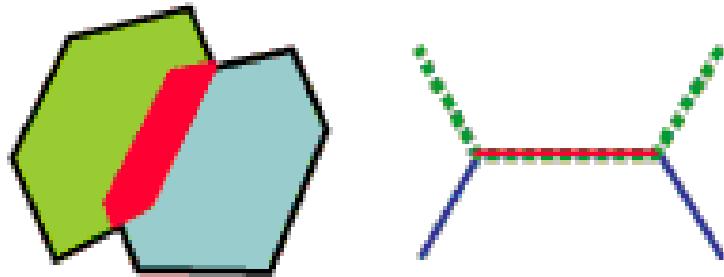


Las entidades de línea pueden compartir segmentos con otras entidades de línea. Por ejemplo, las parcelas pueden anidarse dentro de bloques.

# REGLAS TOPOLÓGICAS

Definen las relaciones espaciales permitidas entre las entidades. Las reglas que se definen para una topología controlan las relaciones entre las entidades de una clase de entidad, entre las entidades de diferentes clases de entidad o entre los subtipos de las entidades.

Por ejemplo, la regla de no superposición se utiliza para administrar la integridad de las entidades en la misma clase de entidad. Si dos entidades se superponen, las geometrías superpuestas se muestran en rojo como error.



También se pueden definir reglas topológicas entre los subtipos de las clases de entidad. Por ejemplo, supongamos que tiene dos subtipos de entidades de línea de calle: calles normales (aquellas que se conectan con otras calles en ambos nodos) y calles sin salida (aquellas que no tienen salida en un nodo). Una regla topológica puede exigir que las entidades de calle estén conectadas con otras entidades de calle en ambos extremos, excepto en el caso de calles que pertenecen al subtipo de calle sin salida.

# USAR LAS RELACIONES ESPACIALES Y EL COMPORTAMIENTO DE LAS ENTIDADES PARA DEFINIR LAS REGLAS TOPOLOGICAS

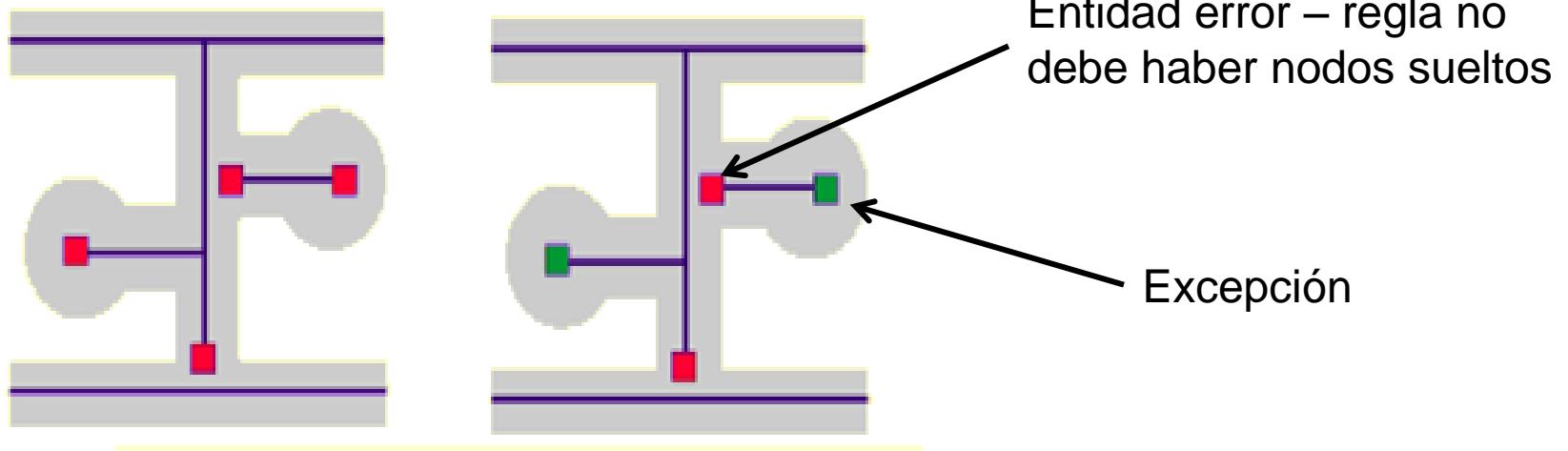
Las relaciones espaciales expresan específicamente cómo las entidades comparten una geometría coincidente así como las reglas para el comportamiento de sus representaciones espaciales. Por ejemplo, algunas de las relaciones espaciales y reglas comunes son:

- Las parcelas no se pueden superponer. Las parcelas adyacentes tienen límites compartidos.
- Las líneas de corriente no se pueden superponer y deben estar conectadas en sus extremos.
- Las secciones censales adyacentes tienen bordes compartidos. Las secciones censales deben cubrir y anidarse completamente dentro de departamentos.
- Las secciones censales adyacentes tienen bordes compartidos. Las secciones censales no se pueden superponer y deben cubrir y anidarse completamente dentro de grupos de secciones.
- Las líneas de centro de las carreteras deben estar conectadas en sus extremos.
- Las líneas de centro de las carreteras y las secciones censales comparten una geometría coincidente (bordes y nodos).
- Cada una de estas situaciones define un caso en el que se podrían utilizar reglas topológicas para mantener la integridad de los datos.

# ERRORES Y EXCEPCIONES

Las infracciones de las reglas topológicas se almacenan inicialmente como errores de la topología. Las entidades de error registran dónde se detectan errores topológicos durante la validación.

Algunos errores pueden ser aceptables, en cuyo caso se pueden marcar las entidades de error como excepciones. Los errores y excepciones se almacenan como entidades en la capa de topología y permiten representar y administrar los casos en los que las entidades no necesitan cumplir las reglas topológicas.



# ALGUNAS CLASES DE ENTIDAD QUE SE SUELEN ADMINISTRAR EN UNA TOPOLOGÍA COMPARTIDA

Tema de datos	Clases de entidad	Submuestra de reglas topológicas
Parcelas	Polígonos de parcela, límites de parcela (líneas), esquinas de parcela (puntos)	Los polígonos de parcela no se deben superponer. Las líneas de los límites de parcela deben cubrir los límites de los polígonos de parcela. Los puntos de las esquinas de parcela deben cubrir los puntos finales de los límites de parcela.
Líneas de centro de calles y unidades censales	Líneas de centro de calles, bloques censales, grupos de bloques censales, distritos censales	Las líneas de calles deben estar conectadas solo y exclusivamente a los extremos. Los bloques censales no se deben superponer. Los bloques censales deben cubrir los grupos de bloques censales. Los grupos de bloques censales no se deben superponer. Los grupos de bloques censales deben cubrir los distritos censales. Los distritos censales no se deben superponer.
Suelos	Polígonos de tipos de suelo	Los polígonos de suelo no se deben superponer. Los polígonos de suelo no deben tener huecos.
Hidrología	Líneas hidrológicas, puntos hidrológicos, cuencas hidrográficas (polígonos)	Las líneas hidrológicas no deben superponerse a sí mismas. Las líneas hidrológicas deben cubrir los puntos hidrológicos. Las cuencas hidrográficas no se deben superponer. Las cuencas hidrográficas no deben tener huecos.

# BIBLIOGRAFÍA

Acevedo, V. (2010): Guía de usuario extensión de topología de gvSIG. [Consulta: 15-05-2010].

Disponible en: <https://gvsig.org/web/projects/gvsig-desktop/docs/user/ext/topologia/topologia-0-1.0>

ESRI , ArcGIS Resource Center Topologías

<http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/na/00620000000600000/>

Kareaga Cantero Iñaki 2008 -Diseño y Desarrollo de herramientas de validación topológica en el entorno gvSIG Memoria del proyecto Ingeniería Informática  
Proyecto de Fin de Carrera Universitat Oberta de Catalunya