



Sistemas de Información Geográfica

Dr. Miguel Jesús Torres Ruiz

Marzo, 2023



¿Qué es un Sistema de Información Geográfica? ⁽¹⁾

- **Sistema de Información:**

- Es una asociación de personas, máquinas, datos y procedimientos que trabajan en conjunto para recopilar, administrar y distribuir información de importancia para individuos u organizaciones.

- **Sistema de Información Geográfica:**

- Es un sistema de información basado en computadora que permite la captura, el modelado, el almacenamiento, la recuperación, el intercambio, la manipulación y la presentación de datos geográficamente referenciados.

- **Dato Geoespacial:**

- Datos referenciados geográficamente.



¿Qué es un Sistema de Información Geográfica? (2)

- ¿Qué es un SIG?

Un **sistema** diseñado para:

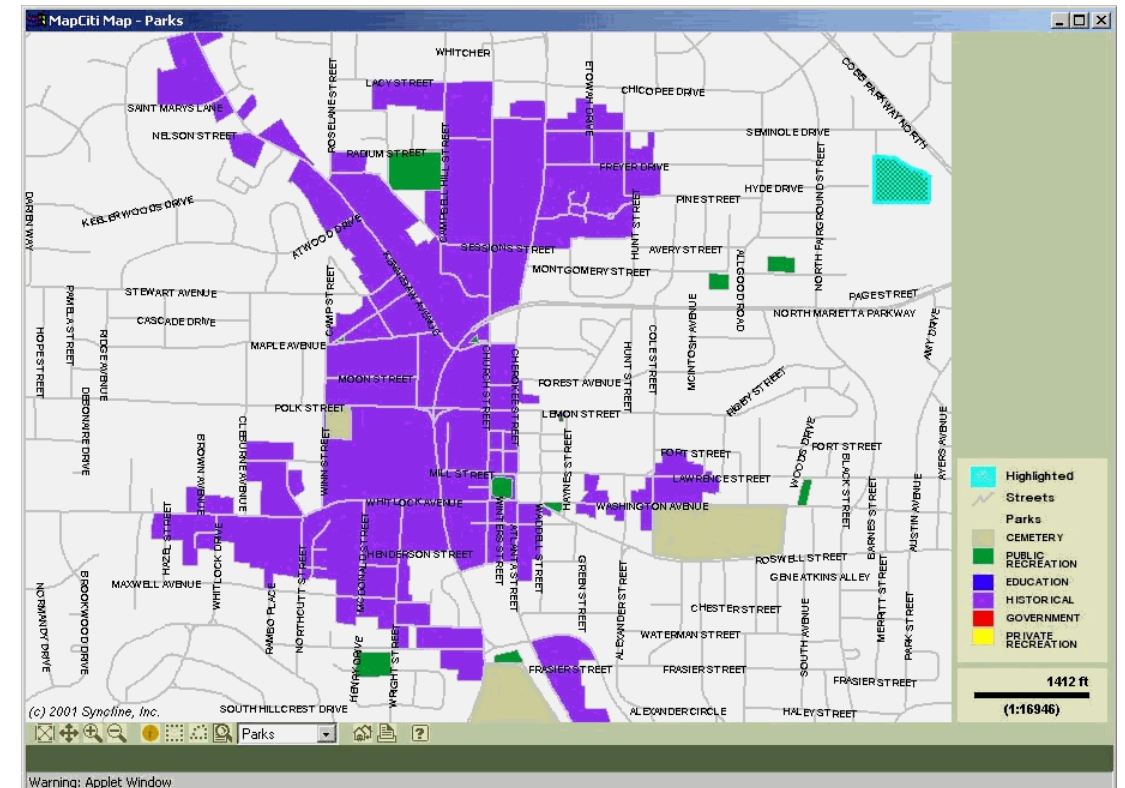
Capturar

Manipular

Analizar y

Presentar

datos espaciales y descriptivos





¿Qué es un Sistema de Información Geográfica? ₍₃₎

- **Definición (Goodchild & Torres):**

- Un SIG es un **sistema computacional** que consiste en:
 - Una **base de datos** que **almacena** información **espacial** y **descriptiva** de un **entorno geográfico** como parte del Mundo real;
 - Además permite la **entrada**, **mantenimiento**, **análisis**, **transformación**, **manipulación** y **presentación** de datos espaciales; en algún punto geográfico en particular.

- **Burrough (1986):**

- Conjunto de herramientas para reunir, almacenar, recuperar, transformar y representar datos espaciales del mundo real para un grupo particular de propósitos.

- **Rhind (1989):**

- Es un sistema de hardware, software y procedimientos diseñados para soportar la captura, el manejo, la manipulación, el análisis, el modelado y despliegue de datos espacialmente referenciados (georeferenciados), para la solución de los problemas del manejo y planeamiento territorial.

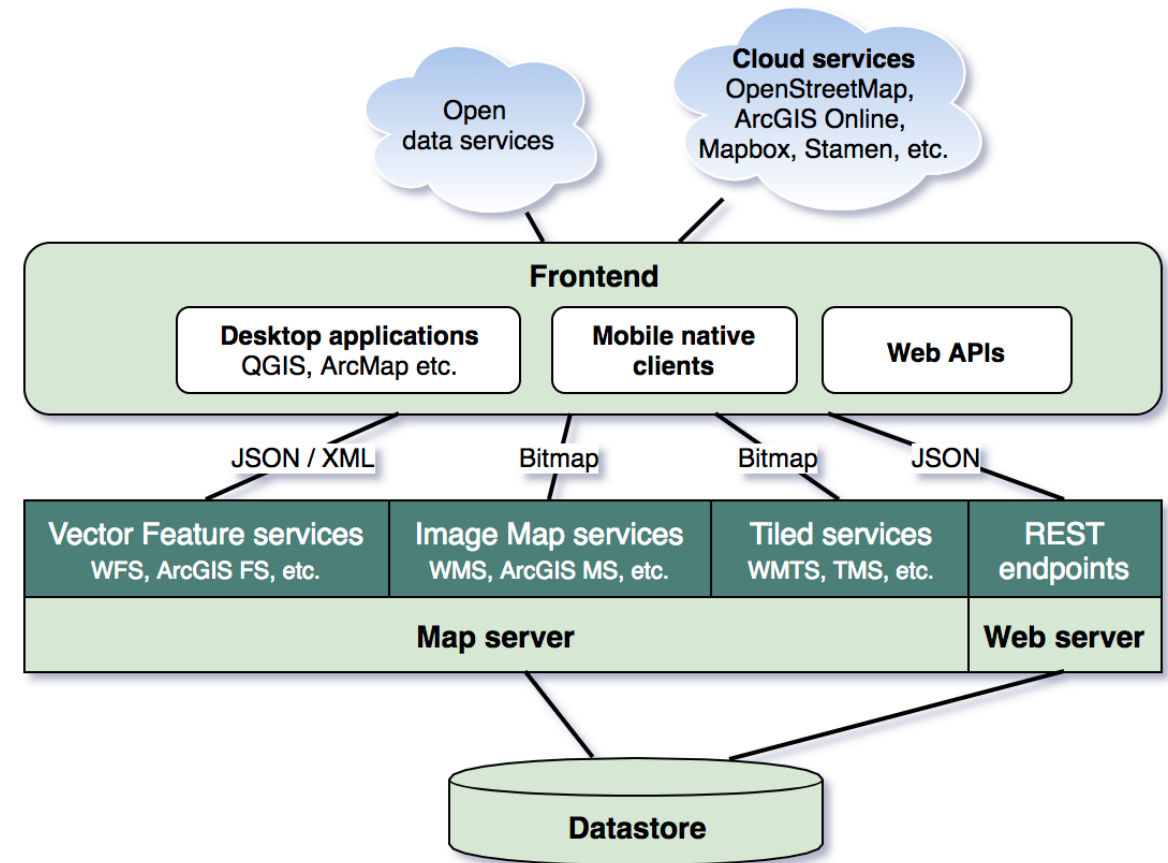
- **Bosque (1992):**

- Tecnología informática para gestionar y analizar información espacial.



La forma de un SIG ₍₁₎

- Elementos de bases de datos
- Elemento de procesamiento de datos
- Elemento para recuperación y almacenamiento de datos
- Elemento para compartir datos
- Elemento para presentación de datos
- Elemento para razonamiento espacial
- Exactitud, precisión y fiabilidad
- Elemento espacio-temporal





Dato e Información ⁽¹⁾

- **Contexto:**

- La estructura de las interrelaciones entre los datos y cómo se recopilan, procesan, utilizan y **entienden** dentro de una aplicación.
 - Comprender el **modelo de datos** y las limitaciones de los datos son elementos del contexto para los datos.

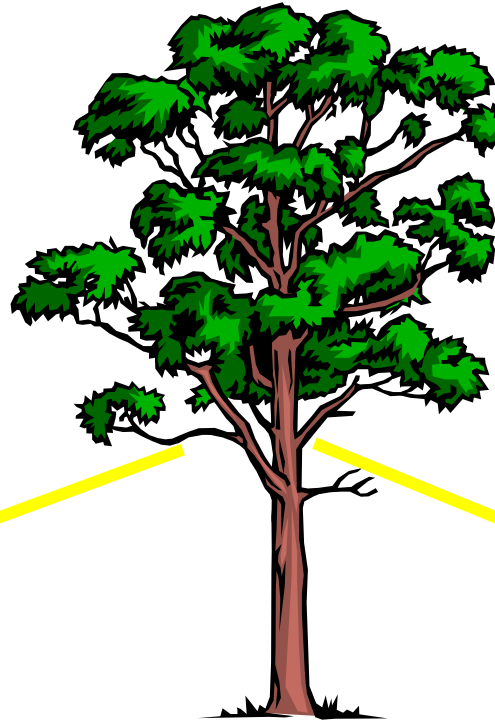
- **Datos:**

- Los datos solo son útiles, tomando valor como información, dentro de su **contexto**.

Información = *Datos* + *Contexto*

Describiendo nuestro entorno ⁽¹⁾

Información
Geográfica:
¿Dónde está?



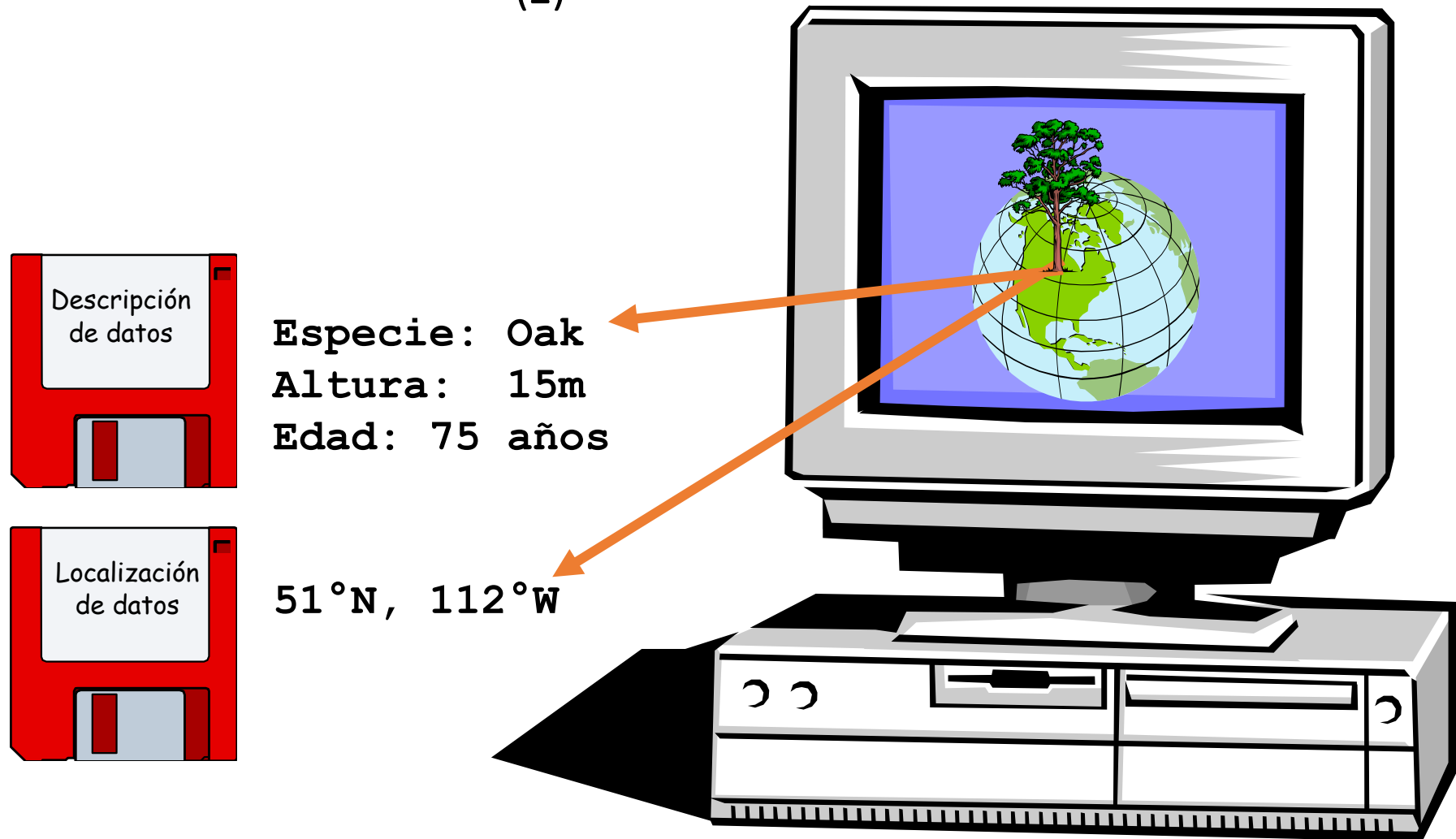
Información
Descriptiva:
¿Qué es?

Species: Oak
Height: 15m
Age: 75 Yrs





Describiendo nuestro entorno (2)



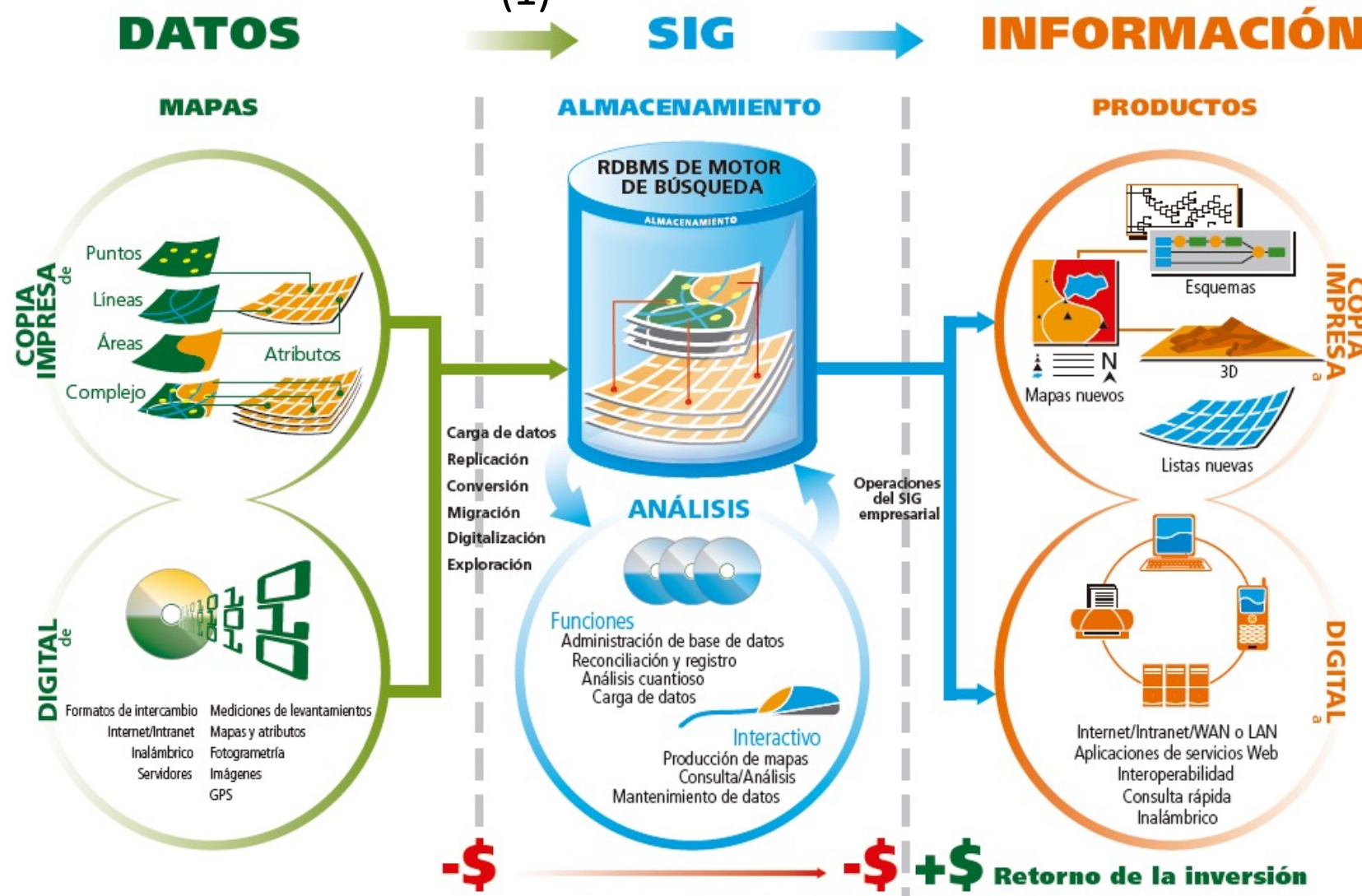


Describiendo nuestro entorno ⁽³⁾

- Por lo tanto:
 - **Datos descriptivos:**
 - Contienen los atributos o características de los datos espaciales.
 - **Datos espaciales:**
 - Describen la localización y la forma de los elementos geográficos y las relaciones espaciales con otros elementos
 - La información espacial se clasifica en:
 - **Raster y vector**



Modelo holístico de un SIG ⁽¹⁾





Modelo holístico de un SIG ⁽²⁾

- El modelo holístico convierte datos en información útil mediante un análisis.
- En el centro se observa que el SIG almacena datos geoespaciales, con **información atributiva** (izquierda) **vinculada** lógicamente en una **BD de almacenamiento** del SIG, donde las funciones **analíticas** están controladas de manera **interactiva** por el usuario, con el fin de generar **productos informativos** (derecha).
- Examinando el modelo holístico por sus componentes:
 - **Datos espaciales.** Son los datos sin procesar que se distinguen por la presencia de un vínculo geográfico, es decir, un aspecto de estos datos es estar conectado a un lugar conocido, una referencia geográfica real de la Tierra.
 - Los objetos espaciales vistos en un mapa como: carreteras, lagos, edificios se encuentran comúnmente en una BD de SIG como **capas temáticas individuales**.
 - Éstos se representan por medio de 3 primitivas básicas: **puntos**, **línea** y **polígonos**.
 - La **información no espacial** sobre estos objetos, por ejemplo, nombre de la carretera, temperaturas estacionales de un lago, propietario de un edificio, se encuentran vinculadas a los mismos, y usualmente se almacenan en un **formato tabular**, estas características se llaman **atributos no espaciales**. Éstos son el alcance y profundidad lo que hacen que los datos espaciales sean una herramienta tan potente en manos de un SIG dinámico en uso.



Modelo holístico de un SIG ⁽³⁾

- ¿De dónde provienen estos datos?
 - No es sorpresa que de **mapas tradicionales** y de otros **documentos** que pueden estar en algún otro **formato digital** o bien **analógico**.
 - Los mapas impresos han sido el medio estándar para **transmitir** la información geográfica desde tiempos remotos.
 - Mediante un **escaneo** o **digitalización** de los elementos dibujados en los mapas de papel, se extrae la información que alimenta a un SIG.
 - Al establecer vínculos lógicos con otros documentos digitalizados como son: tablas, listas, documentos, etc., se convierten cada vez más datos para usarlos en un SIG y este proceso de digitalización continuará hasta que cambie la **tecnología cartográfica tradicional**.
 - Cada vez más, se dispone de datos espaciales en forma **digital**, mediante acuerdos de uso compartido de datos o por la Web.
 - Los dispositivos de medición y levantamiento como son **receptores GPS**, imágenes de **fotogrametría** e **instrumentos de levantamientos geofísicos** generan un cúmulo de datos útiles para un SIG que pueden convertirse rápidamente mediante formatos de intercambio comunes y de Internet.



Modelo holístico de un SIG ⁽⁴⁾

- ¿De dónde provienen estos datos?
 - Todos estos grupos de datos con vínculos lógicos después de haber sido integrados sistemáticamente bajo la clave principal del lugar geográfico pueden almacenarse y administrarse como una unidad denominada **base de datos (BD)**.
 - La BD reside en el **sistema de almacenamiento** del SIG, donde está disponible para funciones del software, tales como **análisis** y **elaboración** de **mapas**. El equipo de cómputo puede hacer **preguntas** con respecto a los datos espaciales, **búsquedas** dentro de ellos, **comparaciones**, análisis y **mediciones**.
 - El SIG sirve para realizar operaciones complejas que son imposibles con otros métodos. Estas funciones están bajo el **control interactivo** del usuario del SIG, cuyo trabajo consiste en crear los **productos informativos**.
 - La **identificación** de los productos informativos que necesita una organización es el **punto central** del proceso de **planificación** del SIG.
 - Los productos informativos vienen de muchas **formas distintas**: mapas nuevos, listas y tablas nuevas, representaciones esquemáticas, visualizaciones 3D, entre otros.
 - Los resultados de consultas interactivas que aparecen en pantalla en forma de mapas e informes en papel, o como información digital puede **transmitirse**.
 - Se sabe que se hizo una buena planificación de un SIG cuando los productos informativos finales, informan sobre las opciones que conducen a **tomar mejores decisiones**.



Modelo holístico de un SIG ⁽⁵⁾

- **¿Qué hay que planificar?** Seis diferentes componentes que son los principales de un SIG:
 - **Productos informativos.** Son aquellos que se desean obtener del SIG, puede tomar la forma de mapas, informes, gráficos, listas o cualquier combinación de estos elementos.
 - **Misión crucial:** Identificar estos productos con suficiente claridad al principio del proceso de planificación.
 - **Datos.** Al saber los productos informativos se requieren, se puede planificar la adquisición de los datos que se necesitarán. ¿Qué se puede obtener que ya exista? ¿Qué se puede crear a partir de las fuentes existentes? ¿Qué grados de precisión y escala requerirán los mapas? Formato de los datos, por sí mismo, es un factor decisivo para elegir el software SIG.
 - **Software.** Los programas o aplicaciones con las funciones necesarias para realizar análisis y crear los productos informativos que se desean. A veces software personalizado se utiliza en conjunto con un paquete de software SIG principal. Además, es necesario planificar las actualizaciones para mantener al corriente las versiones, así como temas de asistencia técnica y de sistemas operativos a considerar con relación al software.



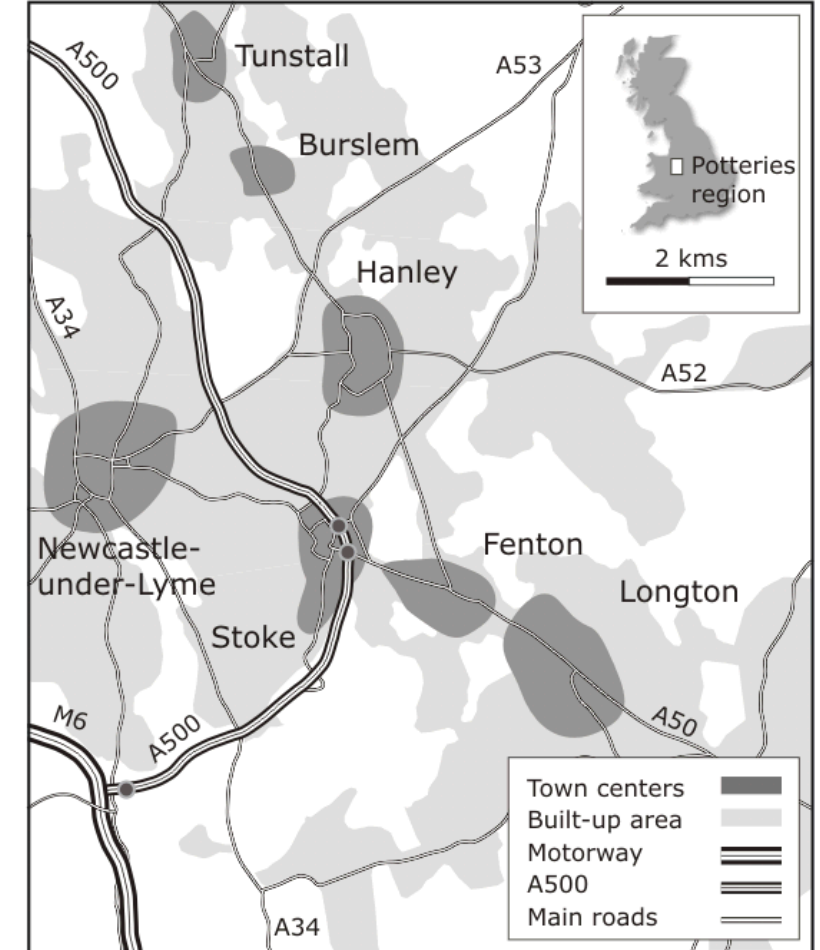
Modelo holístico de un SIG ⁽⁵⁾

- **¿Qué hay que planificar?** Seis diferentes componentes que son los principales de un SIG:
 - **Hardware.** El SIG es exigente en cuanto a la infraestructura de cómputo. Es crucial revisar los recursos informáticos de la organización y actualizarlos adecuadamente para sustentar el SIG. En general unas pocas computadoras potentes sustentan el trabajo y el geoprocесamiento, aunque sistemas más grandes tienden a ser servidores de SIG de una red. Las computadoras simples (clientes) de la red proporcionan acceso al usuario con fines de consulta de base de datos y visualización. Una red interna robusta y un alto valor de ancho de banda son necesarios para facilitar el uso compartido de archivos, la adquisición de datos y creación de informes.
 - **Procedimientos.** Se refieren a la manera como las personas realizan sus trabajos y los cambios que tendrán que adoptar para trabajar con el nuevo sistema SIG. Se requiere de un plan de migración para facilitar esta transición del método antiguo al nuevo, y además debe tener en cuenta cómo los sistemas existentes coexistirán o no con el SIG.
 - **Recurso humano.** El SIG es un proceso inteligente que requiere de un recurso humano adecuado. Considerar la opción de contratación de expertos, si se cuenta con ellos, entonces esquemas de capacitación para mantener al personal con los conocimientos especializados que se requieren para crear o usar el sistema (partida presupuestaria más grande/tiempo).



Funcionalidad de un SIG ⁽¹⁾

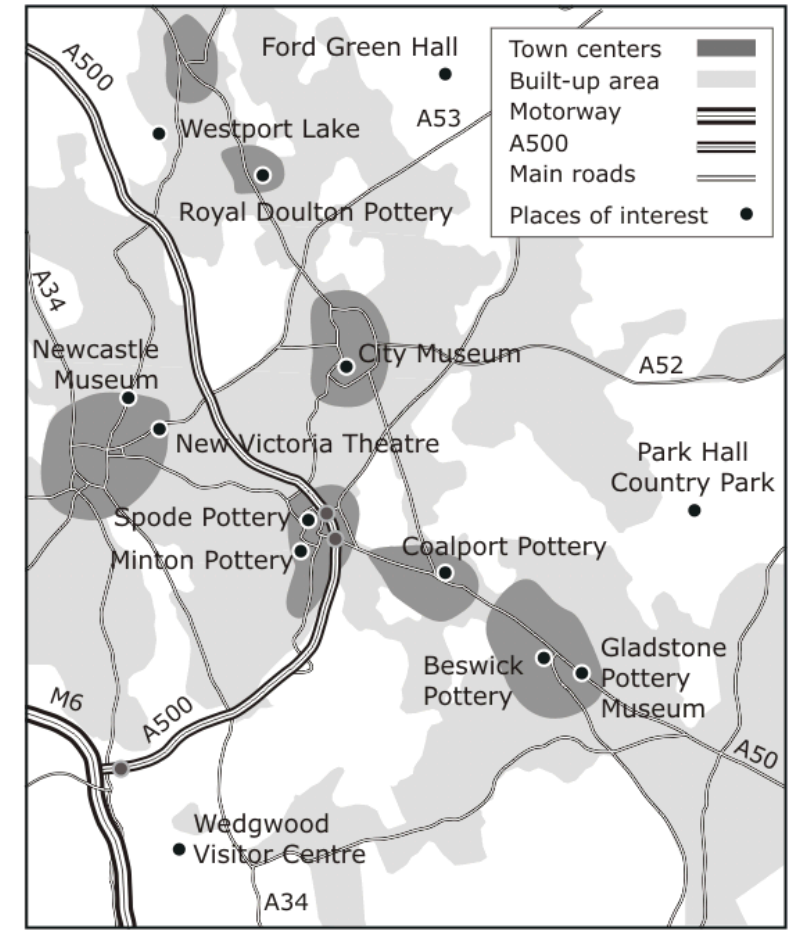
- Ejemplo: “Talleres de Alfarería”
 - Las alfarerías comprenden seis pueblos alfareros.
 - La región se desarrolló durante la revolución industrial inglesa.
 - Las comunidades locales produjeron artículos de alta calidad a partir de condiciones de pobreza.





Funcionalidad de un SIG ⁽²⁾

- Funcionalidad: **“Inventario de Recursos”**
 - Industria turística de importancia local, basada en el patrimonio industrial de la zona.
 - Un SIG puede reunir datos sobre instalaciones culturales y recreativas dentro de la región, y combinar estos datos con detalles de la infraestructura de transporte local y alojamiento en hoteles.



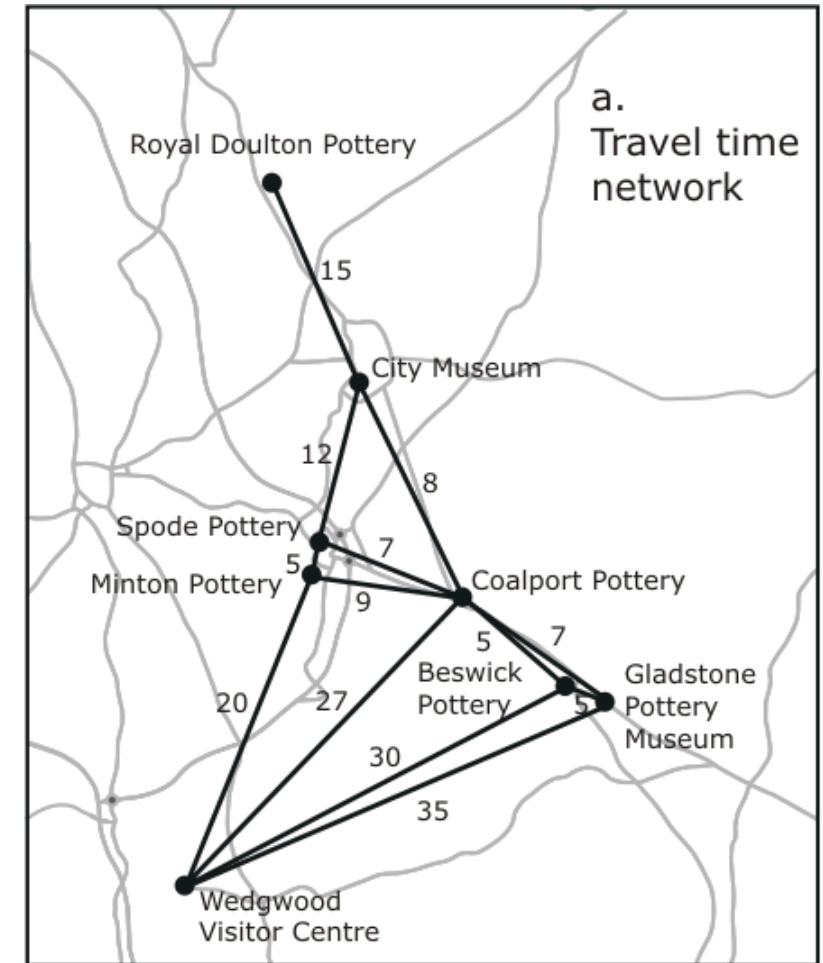
Lugares de interés de la región de las Alfarerías



Funcionalidad de un SIG ₍₃₎

- Funcionalidad: **“Análisis de Redes”**

- Queremos encontrar una ruta utilizando la red de carreteras principales, visitando cada cerámica (y el Museo de la Ciudad) solo una vez, minimizando el tiempo de viaje.
- Una red de tiempo de viaje entre las alfarerías es el conjunto de datos requerido.

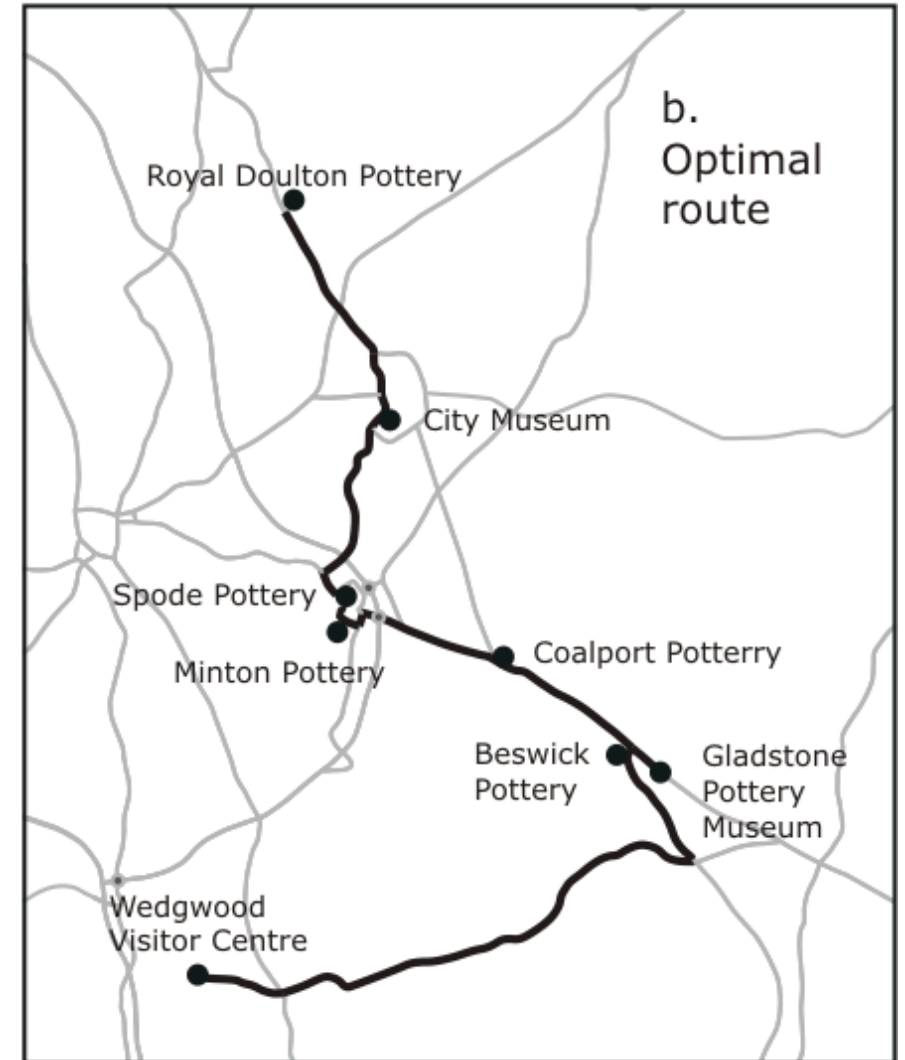


Derivado de los tiempos promedio en las carreteras principales que se muestran en el mapa



Funcionalidad de un SIG ⁽⁴⁾

- Funcionalidad: **“Análisis de Redes”**
- Algoritmo de viajero frecuente:
 - Construir una ruta de peso mínimo a través de una red que visite cada nodo al menos una vez.
 - Podría ser dinámico; asignar pesos a los bordes de la red y calcular rutas óptimas según las condiciones cambiantes de la carretera.

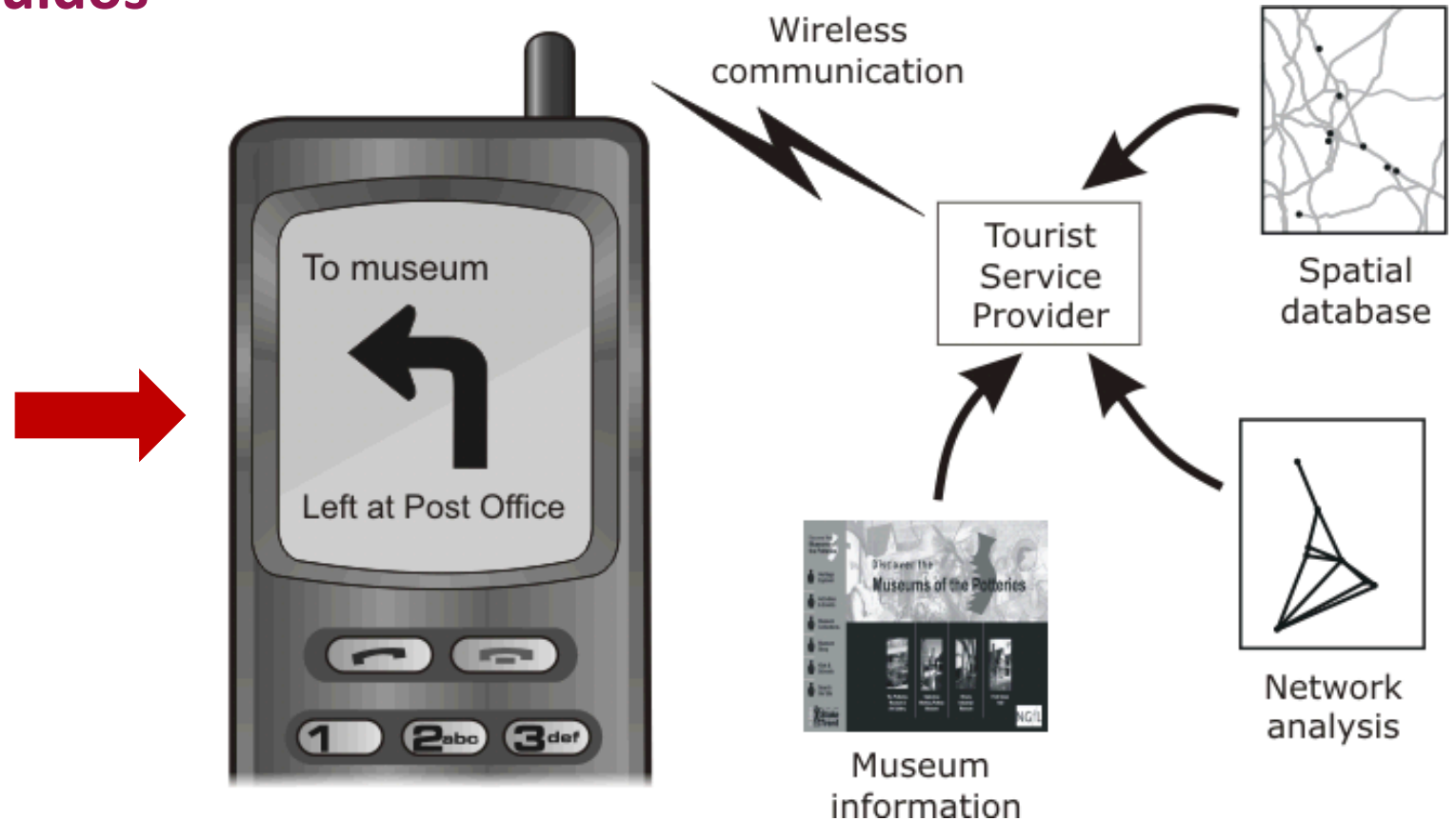




Funcionalidad de un SIG ₍₅₎

- Funcionalidad: **“Datos Distribuidos”**

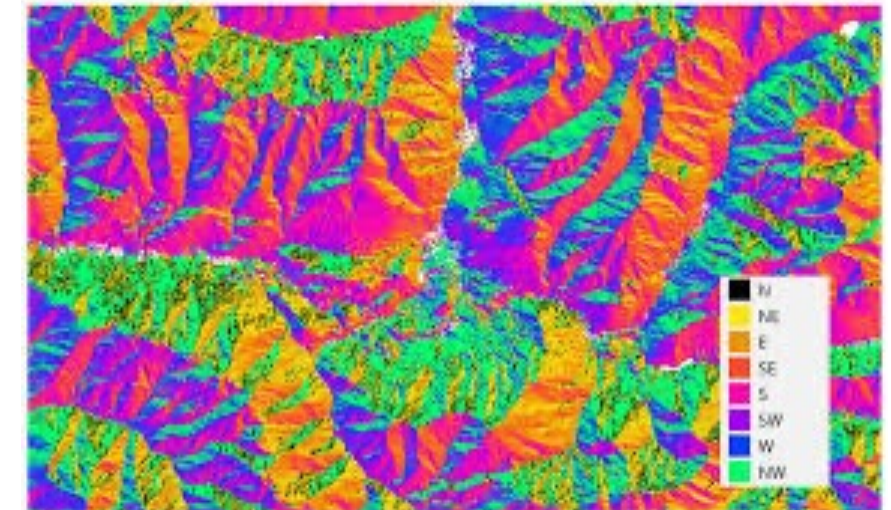
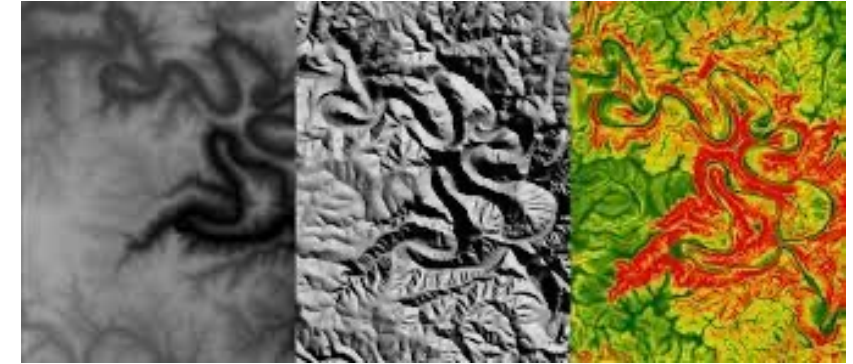
Los datos de diferentes fuentes deben integrarse, procesarse y transmitirse al turista antes de que pueda recibir instrucciones de navegación e información sobre las atracciones locales.



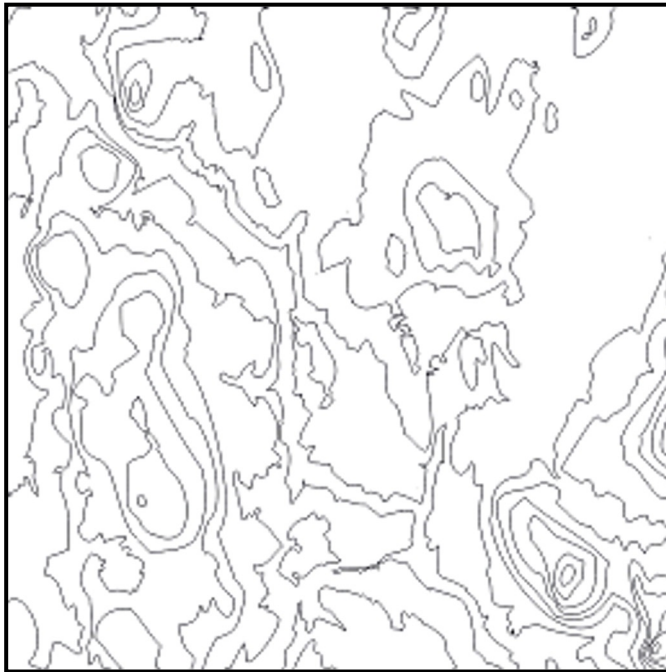


Funcionalidad de un SIG ⁽⁶⁾

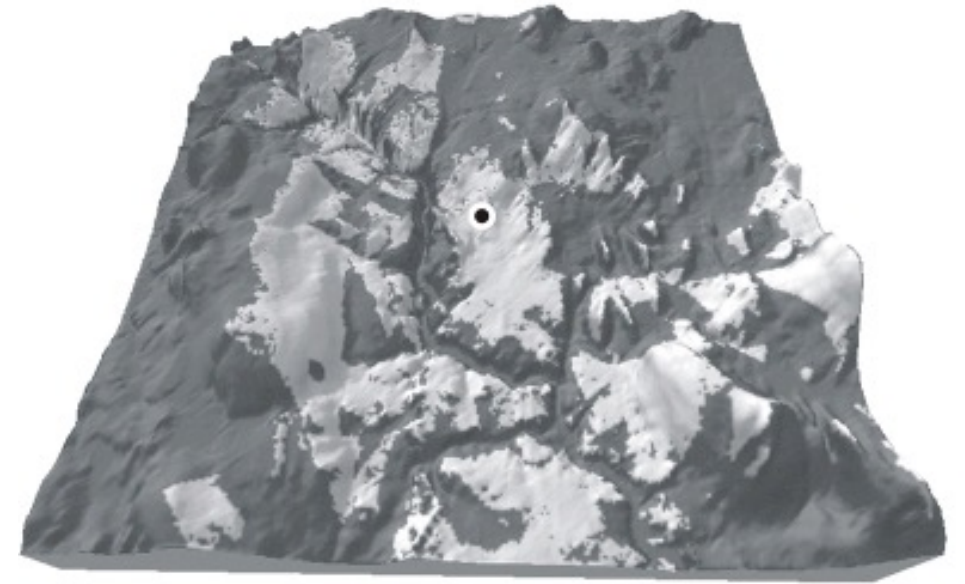
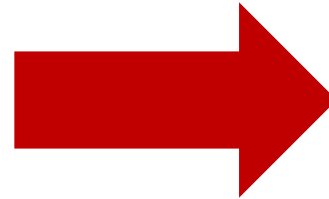
- **Funcionalidad: “Análisis del Terreno”**
- Las comunidades locales a menudo están interesadas en el impacto visual de los nuevos sitios de minería de carbón a cielo abierto propuestos.
- El *análisis de visibilidad* se puede utilizar para evaluar el impacto visual.
 - Medir el tamaño de la población local dentro de una cuenca visual dada (un mapa de todos los puntos visibles desde algún lugar).
- El análisis del terreno generalmente se basa en conjuntos de datos de elevación topográfica en ubicaciones puntuales.



Funcionalidad de un SIG (7)



Curvas de Nivel (Mapa)



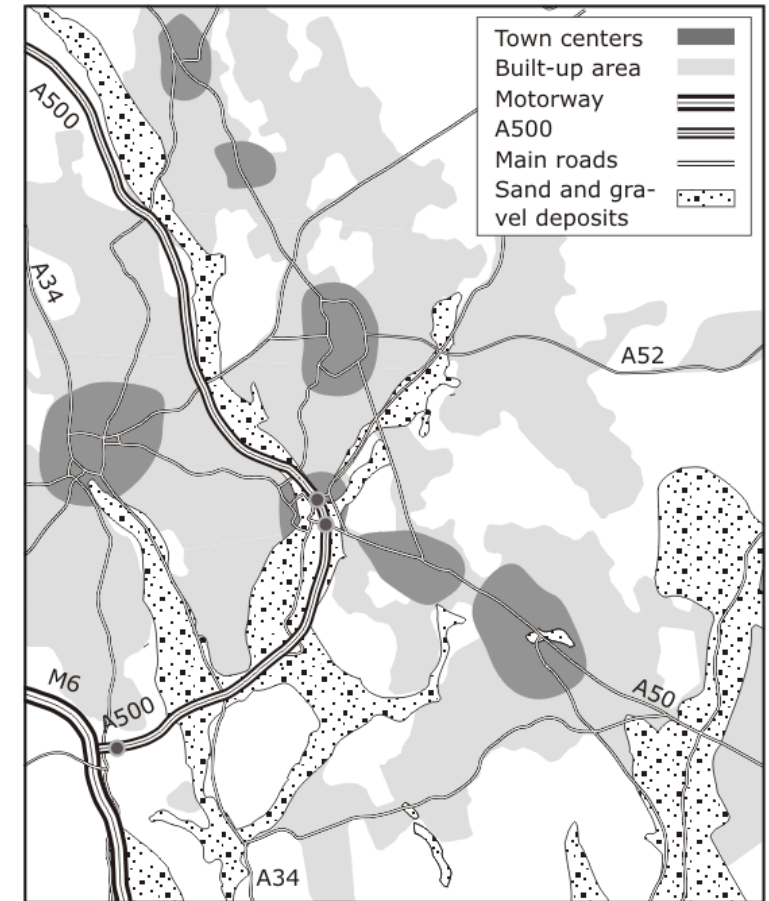
Proyección en perspectiva cubierta por la cuenca visual.

Las regiones sombreadas más oscuras dan el área desde la cual el punto marcado no sería visible.



Funcionalidad de un SIG ⁽⁸⁾

- Funcionalidad: **“Basada en Capas”**
- Determinación del potencial de diferentes lugares para la extracción de arena y grava.
 - Reunir y analizar datos de una variedad de fuentes.
 - Datos geológicos
 - Estructura urbana
 - Nivel freático
 - Red de transporte
 - Precios de la tierra y
 - Zonificación de la tierra



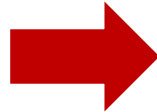
Ubicaciones de depósitos de arena y grava en la región de Alfarrerías



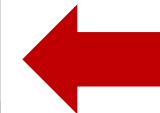
Funcionalidad de un SIG ⁽⁹⁾

- **Funcionalidad: “Basada en Capas”**
- Consulta: buscar todas las ubicaciones que se encuentren a menos de 0.5 km de una carretera principal, no en un área urbanizada y en un depósito de arena/grava

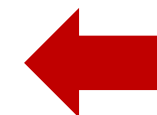
Zona de amortiguamiento de 0,5 km de las carreteras principales (sin incluir la autopista)



Las áreas sombreadas indican ubicaciones que no están edificadas



Depósitos de arena y grava conocidos

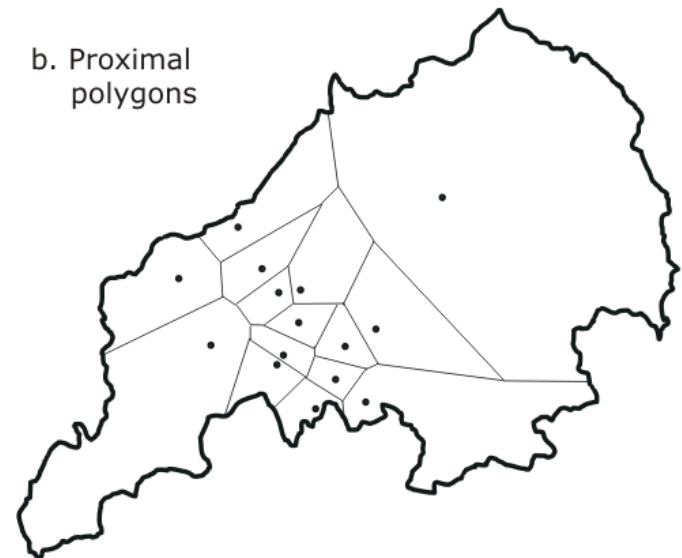


Superposición de las otras tres capas dando un área que satisface la consulta



Funcionalidad de un SIG ₍₁₀₎

- Funcionalidad: **“Análisis de Localización”**
- Ubicar una clínica en la Región de las Alfarerías.
 - Construir el **“vecindario”** de las clínicas, en función de las posiciones de las clínicas cercanas y los tiempos de viaje.
 - Luego podemos respaldar las decisiones de reubicación, cierre o creación de una nueva clínica.





Funcionalidad de un SIG ⁽¹¹⁾

- Funcionalidad: **“Información Espacio-Temporal”**
- Preguntas espacio-temporales:
 - ¿Qué calles han cambiado de nombre?
 - ¿Qué calles han cambiado de referencia espacial?
 - ¿En qué año se registró por última vez en el sistema la existencia de Cobridge Brick Works?



1878



1924



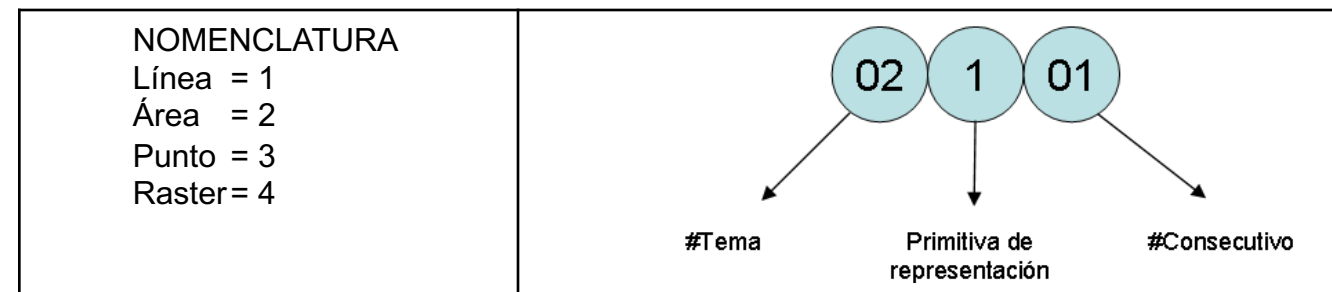
Comentarios generales ⁽¹⁾

- Con datos espaciales, tareas muy específicas de **almacenamiento**, **acceso**, **procesamiento** y **optimización** de consultas, **conurrencia** y **recuperación** requieren de una solución específica.
 - En particular el **modelo de datos relacional** resulta ser **pobre** para **representar** y **manipular datos geométricos**.
 - Esto se debe a la **carencia de tipos de datos** para poder representar las primitivas de representación espacial.
 - No existen tipos de datos que permitan almacenar la **componente espacial**.



Comentarios generales (2)

- **Diccionario de datos espaciales**
 - Es una **lista** que se utiliza para mantener la **descripción** de todas las **capas** y **atributos** que conforman una aplicación en particular.
 - En otras palabras, proporciona **información acerca** de los **datos**, lo que se conoce como:
 - **Metadatos.**
 - Es de suma importancia contar con un diccionario de datos antes de iniciar un proyecto SIG para **evitar**:
 - **Heterogeneidad semántica y sintáctica.**
 - Facilidad para **integrar** y **compartir** datos geoespaciales.



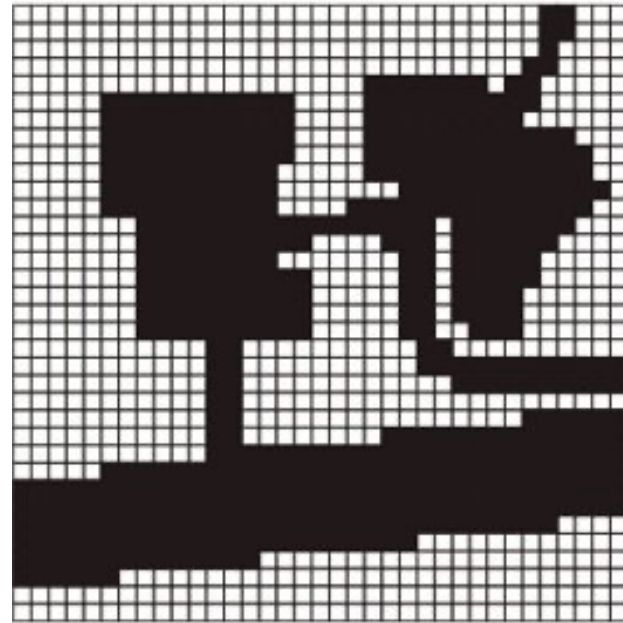
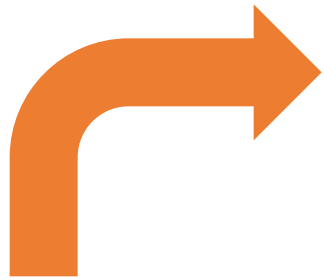


ID	Tipo	Clave capa de dato	Temática	Subclases	Atributo	Tipo
ID_CN	String (10)	C01100	Curvas de nivel	----	IntAltitud	Integer
ID_VT	String (10)	C02100	Vías de transporte	02101 Brecha 02102 Vereda 02103 Carretera federal libre un carril 02104 Carretera federal libre dos carriles 02105 Carretera federal libre cuatro carriles 02106 Carretera estatal libre un carril 02107 Carretera estatal libre dos carriles 02108 Carretera estatal libre cuatro carriles 02109 Carretera federal cuota cuatro carriles 02110 Carretera federal cuota dos carriles 02111 Carretera federal cuota un carril 02112 Carretera pavimentada dos carriles 02113 Carretera pavimentada un carril 02114 Puente 02115 Terracería 02116 Calle 02117 Vía férrea 02118 Vado 02119 Libramiento 02120 Carretera pavimentada en construcción 02121 Túnel 02122 Carretera restringida 02123 Carretera fuera de uso	StrNombre (128) StrEvacuacionNorte (4) StrEvacuacionSur (4)	String
ID_LT	String (10)	C03100	Líneas de transmisión	03101 Teléfono 03102 Telégrafo 03103 Electricidad	----	----
ID_HI	String (10)	C04100	Hidrología	04101 Acueducto superficial 04102 Acueducto superficial en construcción 04103 Canal en operación 04104 Corriente de agua: Intermitente 04105 Corriente de agua: Perenne	StrNombre (128)	String
ID_CA	String (10)	C05200	Cuerpos de agua	05201 Perenne 05202 Intermitente 05203 Estanque: Otro	StrNombre (128)	String



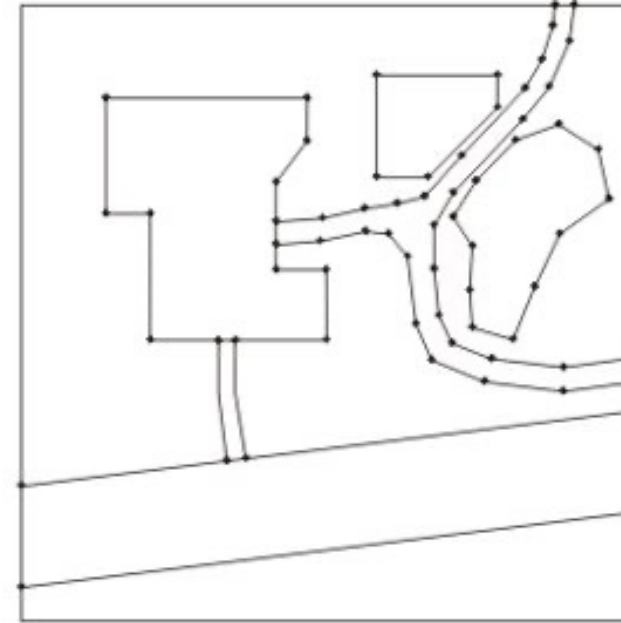
ID	Tipo	Clave capa de dato	Temática	Subclases	Atributo	Tipo
ID_AU	String (10)	C06200	Área urbana	06201 Con más de 500,000 habitantes 06202 De 50,001 a 500,000 habitantes 06203 De 15,001 a 50,000 habitantes 06204 De 2,501 a 15,000 habitantes 06205 De 1,000 a 2,500 habitantes 06206 Con menos de 1,000 habitantes 06207 Temporal	StrNombre (128) IntHabitantes	String Integer
ID_PO	String (10)	C07300	Poblaciones	07301 De 1,000 a 2,500 habitantes 07302 Con menos de 1,000 habitantes 07303 Temporal	StrNombre (128) IntHabitantes	String Integer
ID_PR	String (10)	C09300	Puntos de riesgo	09301 Gasolineras 09302 Gaseras 09303 Subestaciones	----	----
ID_LV	String (10)	C10200	Planta Nucleoeléctrica Laguna Verde	----	StrNombre (128)	String
ID_RV	String (10)	C11200	Rosa de los vientos	----	ID_RV (Valores: N, NNW, NW, W, WNW, WSW, SW, SSW, S, SSE, SE, ESE, E, ENE, NE, NNE)	String String
ID_HP	String (10)	C12200	Hipsometría	-----	IntIntervalo () Valores: del mar c/20 metros hasta el nivel 100, posteriormente intervalos a cada 100 metros	Integer
ID_DE	String (10)	C12400	Modelo Digital de Elevación	-----	----	----

Datos espaciales ⁽¹⁾

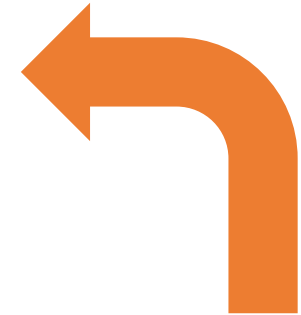


Raster

Los datos raster se estructuran como una matriz o cuadrícula de celdas, denominadas píxeles



Vector



Los datos vectoriales son segmentos de línea recta finita definida por sus puntos iniciales-finales. Las ubicaciones de los puntos finales se dan con respecto a alguna coordinación del plano



Datos espaciales (2)

- **Raster**

- Estructuras naturales para usar en computadoras como lenguajes de programación comúnmente admiten el manejo y operaciones de matrices o arreglos.
- Ineficiente en términos de uso del almacenamiento en la computadora.

- **Vector**

- Más eficiente en el uso del almacenamiento de la computadora, ya que solo se deben almacenar puntos de interés.
- Asume un modelo de límite de bordes duros del mundo.



Base de datos como almacén de datos ⁽¹⁾

- Base de datos

- Es un repositorio de datos que está lógicamente relacionado, pero posiblemente distribuido físicamente en varios sitios.
- Se crea y mantiene una base de datos utilizando un sistema de gestión de bases de datos (DBMS).
- Para que una base de datos sea útil, debe ser:
 - Confiable
 - Correcta y consistente
 - Prueba tecnológica
 - Segura



Captura de datos (1)

- Captura de datos

- Es el proceso de recopilación de datos de las observaciones del entorno físico.

- Sensores

- Son una de las fuentes principales de datos para un SIG y se utilizan para medir alguna característica del entorno geográfico.

- Datos heredados (*legacy data*)

- Como mapas en papel, son una fuente secundaria de datos
 - Conversión automática
 - Conversión manual



Modelado de datos (1)

- El proceso de desarrollar una base de datos es esencialmente un proceso de construcción de modelos.
 - **Modelo de dominio de la aplicación**
 - Describe los requisitos centrales de los usuarios en un dominio de aplicación particular, basado en un estudio inicial.
 - **Modelo conceptual**
 - Adaptado a un tipo particular de implementación
 - **Modelo computacional físico**
 - El resultado de un proceso de programación e implementación del sistema



Recuperación y análisis de datos ₍₁₎

- Para recuperar datos de una base de datos, podemos realizar una consulta:
 - *“Recuperar los nombres y direcciones de todas las minas de carbón de Peñoles en Sudamérica”*
 - Los datos pueden recuperarse mediante una simple mirada y coincidencia.
 - *“Recuperar nombres y direcciones de todos los empleados de Wedgwood Pottery que ganan más de la mitad de la suma obtenida por el Director Gerente”*
 - Comparación numérica.



Recuperación y análisis de datos espaciales ⁽¹⁾

- **Consulta:** Hay alguna correlación entre:
 - La ubicación de los accidentes de vehículos (como se registra en una base de datos del hospital); y
 - Designado "manchas negras de accidente" para el área?
- **Satisfacer** esta consulta requerirá la integración de la información espacial y no espacial.
- **Rendimiento**
 - Los datos espaciales son notoriamente grandes y a menudo estructurados jerárquicamente
 - Los datos geoespaciales a menudo están integrados en el plano euclidiano, por lo tanto, se requieren estructuras de almacenamiento espacial y métodos de acceso



Presentación de los datos ⁽¹⁾

- Un generador de informes es una **característica** estándar de un DBMS que permite que los datos de una base de datos se presenten en un formato claro legible por humanos.
- Muchas bases de datos también admiten **gráficos comerciales**.
- La presentación **basada en mapas** es una característica distintiva de un SIG.
- Algunos DBMS y GIS proporcionan herramientas para la **minería de datos**.
 - Capacidades de presentación altamente flexibles



Distribución de los datos (1)

- **Base de datos distribuida**
 - Múltiples bases de datos conectadas por una red de comunicación digital
- Los datos pueden estar más apropiadamente asociados con un sitio en lugar de otro
 - Mayor grado de autonomía y actualización y mantenimiento más fáciles
- **Mayor confiabilidad**
 - La falla en un sitio no significará falla de todo el sistema
- **Rendimiento mejorado**
 - El acceso a sitios locales de usuarios locales será más eficiente
- **Estructura más intrincada para soporte**
 - Debe manejar consultas donde los datos se fragmentan en los sitios y mantener la consistencia de los datos