

CAPÍTULO 2

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.

2.1 Introducción a los Sistemas de Información Geográfica.

Los sistemas de información geográfica (SIGs) tienen actualmente un uso extendido en el mundo, en nuestro medio el concepto es poco conocido y el uso todavía limitado, y como consecuencia su potencial de análisis y utilidad para la administración y gestión de recursos también son limitadamente conocidos y aprovechados. Sin embargo esta situación está cambiando, y es precisamente mediante el empleo de esta herramienta en los más diversos ámbitos de la ciencia aplicada, que se busca promover su conocimiento y utilización.

Definido como sistema representa un conjunto de elementos actuando de manera coordinada para la consecución de un fin, los elementos son los datos, las computadoras, el software, e inclusive

se incorpora en esta perspectiva al elemento humano. Todos estos elementos interactúan mediante operaciones y procedimientos para alcanzar un objetivo o resultado, constituyendo así el sistema como un todo, el que toma el nombre de “geográfico” por la naturaleza de los datos involucrada.

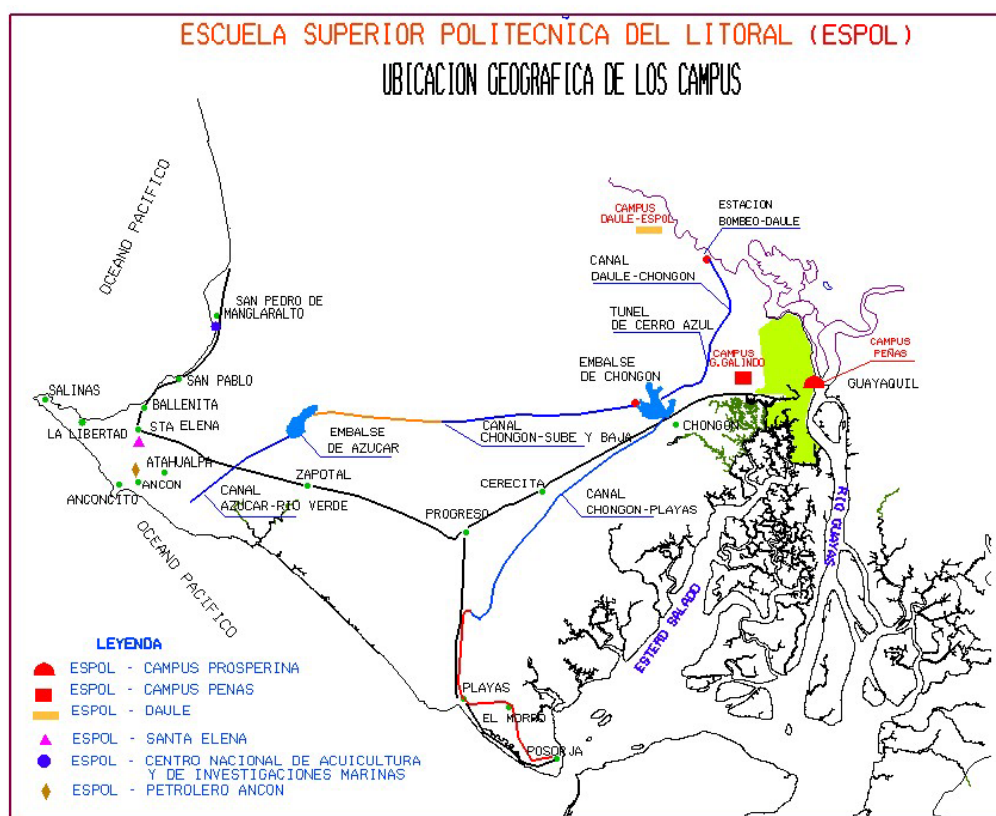
Un Sistema de Información Geográfica (SIG) puede definirse como una herramienta computarizada de análisis que sirve para extraer de datos georeferenciados, información en forma de escenarios espaciales. Entre las tareas de un SIG están la adquisición, el almacenamiento y edición de datos y la generación de información a partir del análisis de atributos numéricos, alfanuméricos y gráficos de esos datos. El análisis incluye la ejecución de tareas como manipulación, integración, chequeo, modelaje, superposición, consulta, generación de resultados gráficos, entre otras.

Uno de los atractivos de los SIGs es su capacidad para manipular y representar información en forma gráfica (mapas, gráficos) lo que ayuda al usuario en la percepción de una situación y facilita su trabajo; sin embargo detrás de esta capacidad de despliegue hay una tecnología de avanzada que es la que los vuelve poderosos. Ese potencial se logra mediante el uso de modernos equipos de cómputo (hardware) y programas informáticos muy especializados (software).

A partir del desarrollo de las computadoras y los medios electrónicos, la representación gráfica de la realidad en los medios informáticos se ha hecho por medio del uso de programas de tipo CAD o graficadores, los cuales a pesar de su gran utilidad tienen sus limitaciones; ellos pueden representar los objetos del mundo real mediante elementos gráficos y la posición respecto a algún sistema de coordenadas escogido, y dependiendo de las habilidades del usuario y las capacidades del programa mismo, llegar a ser un medio eficiente y satisfactorio para consulta y análisis en cierto nivel, mediante la representación gráfica en pantalla o papel. En la Figura 3 se presenta un ejemplo de representación de tipo CAD.

Los SIGs están varios pasos delante de estos métodos, en cierta forma son un resultado del desarrollo de la tecnología en el campo informático de estas primeras herramientas, evolución que ha resultado de la combinación de dos herramientas poderosas, la visualización y análisis gráfico de mapas con las operaciones con bases de datos. En este contexto los archivos de tipo CAD pasan a formar parte de las bases de datos gráficas de los SIGs.

Figura 3.
Representación gráfica de tipo CAD



Fuente: CEMA-ESPOL,2001.

El concepto de SIG involucra a una serie de otros conceptos entre los cuales están los de bases de datos, relaciones topológicas o topología, el modelo cartográfico, datos matriciales, datos vectoriales, sistema de coordenadas, etc. Algunos conceptos de interés que han sido revisados en la elaboración del presente trabajo se presentan en el glosario.

Los conceptos de SIG aluden directamente a la base de datos, esto es así ya que ésta es el núcleo de todo el sistema. De su diseño, en gran medida, dependerá la funcionalidad del SIG, ya que éste dará las pautas para el manejo y administración de los datos e información dentro de la base. La base de datos suele estar formada por dos elementos, una base de datos espacial en que se incluyen los atributos espaciales, se describe su forma y se les asigna una posición en el espacio, y una base de datos “alfanumérica” que contiene los parámetros de interés (atributos alfanuméricos) de esos atributos espaciales.

Durante la fase de diseño de la base de datos se identifican los requerimientos del usuario para incorporarlos en el diseño conceptual. La estructuración física y la implementación de la base proceden luego de esta primera fase. La preparación o implementación de la base de datos de los SIGs suele ser la parte más extensa de todo el proceso de su creación, debido a que la conversión de los datos desde sus formatos de origen al requerido por el diseño conceptual puede consumir gran cantidad de tiempo y recursos.

Los datos e información en uno u otro nivel de abstracción que utiliza el SIG como plataforma de partida para producir información en

función del objetivo del proyecto pueden provenir de fuentes diversas, residir originalmente en una variedad de medios y formatos y corresponder a uno de varios tipos específicos. Las fuentes de los datos pueden ser instituciones públicas o privadas, universidades, bibliotecas, etc.; el tipo de medio en el que se almacenan suele ser principalmente papel o tener formato digital; y los datos que alimentan potencialmente un SIG pueden agruparse en los siguientes tipos: mapas, gráficos, fotografías aéreas, imágenes satelitales, registros y cartillas y bases de datos existentes.

La calidad de los datos se evalúa con una serie de parámetros entre los que están la exactitud, cobertura, integridad, oportunidad, corrección, credibilidad, validez, confiabilidad, conveniencia, claridad, precedencia y conservación.

La conversión de datos es la transformación de los datos “crudos” o fuente al formato digital establecido en el diseño de la base de datos. Los datos originalmente en papel o similares se digitalizan usando equipos de hardware como escáners, mesas de digitalización y teclado, principalmente; los datos que ya estén en formato digital deben ser revisados, ajustados, si es necesario, para cumplir los formatos de la base de datos y migrados a ella. Existen procedimientos automatizados para la conversión de datos, pero

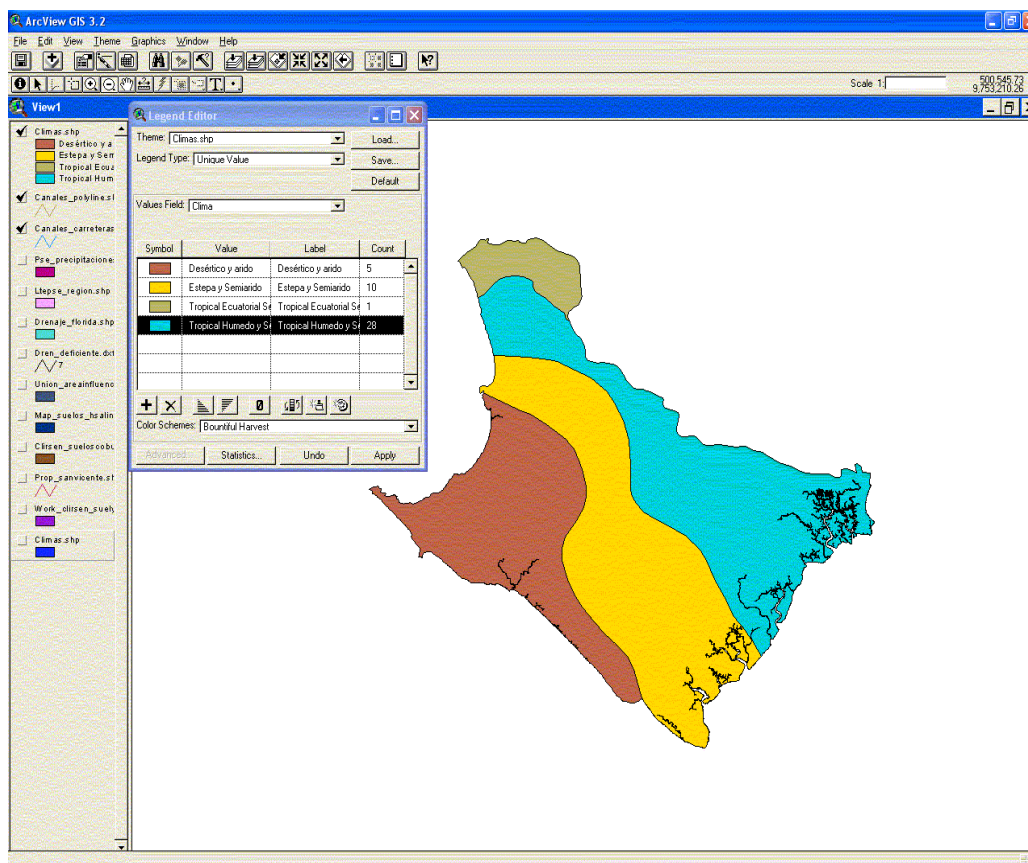
generalmente la singularidad de cada proyecto vuelve poco prácticos estos procedimientos de conversión estándares.

Sintetizando lo expresado en párrafos precedentes las bases de datos o información base resultante de un SIG pueden incluir representaciones gráficas e información tabular asociada, mismas que en las fuentes bibliográficas sobre el tema se refieren, indistintamente, como datos cartográficos y no cartográficos ó datos gráficos y alfanuméricos ó mapas e información asociada.

Una de las características que vuelve tan poderosos a los SIGs es su capacidad para establecer las relaciones de adyacencia, inclusión o proximidad entre los elementos gráficos representados, es decir la topología, en ella se fundamentan muchas de las operaciones posibles de los SIGs.

Los resultados que se obtienen de estos sistemas son principalmente de tipo gráfico y cartográfico un ejemplo de estos productos se puede observar en la Figura 4.

Figura 4.
Representación gráfica en el ambiente de ARCVIEW



Fuente: CEMA-ESPOL, 2001.

En general la tecnología SIG está en continuo cambio y mejoramiento y la tendencia es hacia la simplificación de la interfase con el usuario. Sin embargo es importante tener en cuenta que los resultados que se obtengan de los SIGs dependerán fundamentalmente del análisis efectuado, el cual es un valor añadido por el o los investigadores; y de la calidad de los atributos espaciales y alfanuméricos que en él se alimenten.

Un aspecto importante es la documentación de los datos que alimentarán a los SIGs. Esto consiste en el registro de las características que describan a los datos cartográficos y no cartográficos para evaluar, previamente a su integración en el análisis, su calidad, y consecuentemente su potencial de producir resultados confiables: información sobre la información para registrar las limitaciones y bondades de cada fuente. Al establecer la calidad de los resultados obtenidos de un SIG se debe considerar esto y el hecho de que en el proceso de implementación de un SIG se pueden incorporar errores, implícitos en las fuentes y/o derivados de los procedimientos de digitalización.

Aplicado el “filtro” de la documentación como paso previo al análisis con un SIG, mismo que deja aún a criterio del analista cómo explotarlo (factor subjetivo) y que aplicado consecuentemente debiera producir a su vez información declarativa (factor objetivo), restan por considerarse posibles errores no verificables de las fuentes y/o derivados de la digitalización.

Algunos de los programas de software para SIG en uso son ArcInfo, ArcView, Ilwis, Idrisi, MapInfo, SPAN, MGE, Microstation. Las ventajas del uso de uno u otro están dadas por las capacidades de análisis que ellos ofrecen y por las necesidades del usuario; muchas

veces es conveniente usar una combinación de ellos en función de las herramientas que cada uno ofrece. Y finalmente, es frecuente hablar de módulos o programas que trabajan sobre la plataforma básica de los programas SIG, mismos que elevan su capacidad de análisis, e.g. módulos de análisis de curvas de nivel, estadísticos, etc.

2.2 Representación de los datos en el SIG

Un Sistema de Información Geográfica se construye en base a los dos tipos de elementos ya mencionados, datos cartográficos y no cartográficos, lo que equivale a mapas con información “base” y datos tabulares generalmente contenidos en una base de datos. Estos elementos al manipularse en un SIG abstraen información más elaborada a nivel de mapas y con capacidad incluso de interactuar con los datos para producir consultas y nueva información en función de los requerimientos del operador. Cada uno de estos elementos tiene características y requisitos específicos para su almacenamiento, proceso y representación.

La representación de los datos se establece en la fase de diseño de la base de datos, y en su estructuración se utilizan tres tipos de elementos: lógicos, gráficos y atributos, complementados con la relación establecida entre ellos.

Los elementos lógicos se usan para definir los tipos de objetos de la base de datos, no tienen representación gráfica, pueden ser de cuatro clases: nodos, lazos, cadenas y áreas y son los que proporcionan la referencia posicional a los elementos gráficos. Para la representación de datos gráficos se utilizan tres tipos básicos de identidades: puntos (nodos), líneas y polígonos.

El elemento punto es un objeto sin dimensiones que representa una unión topológica o un punto terminal y que especifica una localización geométrica.

El elemento línea es un objeto de una dimensión definido por un nodo de inicio y un nodo fin.

El elemento polígono es un objeto limitado y continuo de dos dimensiones.

2.2.1 Datos no cartográficos

Los atributos alfanuméricos se almacenan generalmente en bases de datos separadas, aunque algunos sistemas si integran gráficos y textos (numéricos y alfanuméricos). Durante el diseño de la base de datos se definen las características de los campos de almacenamiento de los

datos, se identifican en este proceso el tipo de datos que se asignará a cada campo e.g. fecha, número real de n dígitos, texto de n caracteres, etc. y las propiedades de los tipos declarados.

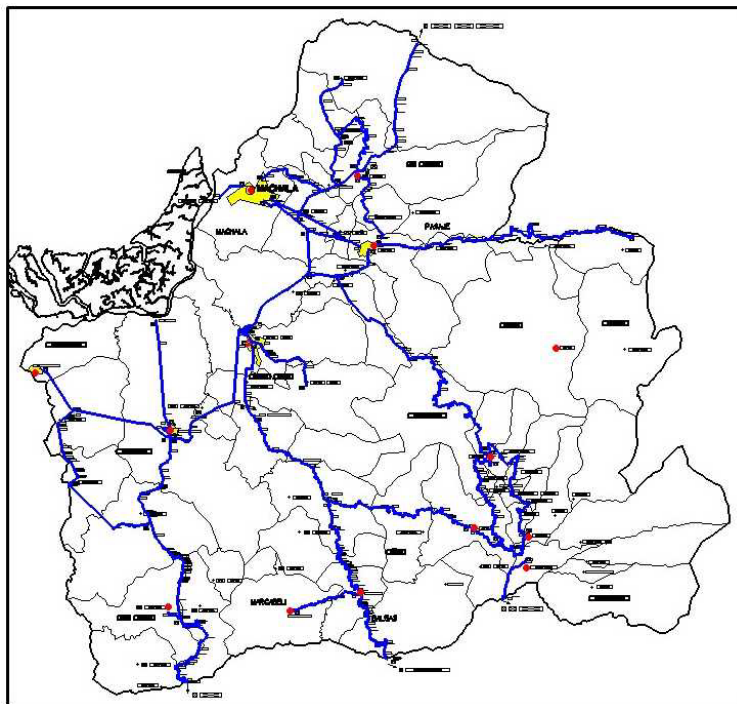
2.2.2 Datos cartográficos

Los datos geográficos en formato digital que se integran a un SIG pueden ser representados de dos formas: vectoriales o matriciales (ráster).

Los formatos vectoriales proceden de la digitalización o vectorización de los datos, mediante digitalización en mesa o en pantalla o de la vectorización de datos ráster. Los datos en formato matricial o ráster son los que se obtienen del “barrido” (escaneo) de la superficie de interés mediante cámaras digitales o escáneres, en este formato se presentan por ejemplo las imágenes satelitales y las fotografías aéreas. Ambos formatos son intercambiables vía el software apropiado. En la Figura 5 se presenta un ejemplo de cada formato de representación gráfica de los datos espaciales.

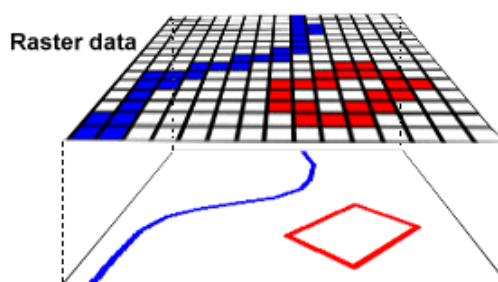
Figura 5.

Representaciones gráficas de tipo vector y ráster



Tipo vector: los elementos gráficos son puntos, líneas y áreas

Fuente: CEMA-ESPOL, 1999



Tipo ráster: los elementos gráficos se representan mediante atributos de las celdas de una matriz.

Fuente: http://www.macavsat.org/GIS/whatis_gis.htm

Un formato vectorial consta de líneas o arcos, definidos por los puntos de inicio y fin, los cuales se conectan por nodos. Las ubicaciones de estos nodos y su estructura topológica usualmente se graban explícitamente. Las líneas curvas se representan como una serie de arcos conectados.

El almacenamiento de vectores involucra el almacenamiento explícito de la topología, lo cual aumenta los costos, sin embargo en este formato solo se almacena aquella información que define un atributo espacial y todo el espacio fuera de este es considerado inexistente, el atributo espacial es definido únicamente por sus límites.

En el formato matricial el área a estudiarse es dividida en filas y columnas, las cuales forman una estructura de grilla regular o matriz. Cada celda debe ser de forma rectangular, aunque no necesariamente cuadrada y cada una contiene un valor de atributo y unas coordenadas de localización. La localización espacial de cada celda está contenida implícitamente dentro del ordenamiento de la matriz, contrariamente a una estructura vectorial, la cual almacena explícitamente la topología. Las celdas conteniendo el mismo valor de atributo son reconocidas como tales, sin embargo, las estructuras

ráster no pueden identificar los límites de áreas tales como polígonos. Las estructuras ráster pueden significar un aumento en el tamaño de almacenamiento en ciertas situaciones, dado que ellas almacenan cada celda en la matriz sin importar si contiene atributos o es simplemente un espacio vacío.

Ambos formatos se distinguen en características como el tamaño de los archivos, el cual puede ser muy grande para los archivos ráster, lo cual a su vez incide en la velocidad de los análisis; otra distinción es el realismo que ofrecen los formatos ráster en contraste con los vectoriales que son mas bien bastante simples y similares al prototipo de mapa usado generalmente; los ráster tienen más poder analítico en el análisis del espacio continuo debido a la uniformidad con que éste se define en estos formatos; así mismo su estructura se asemeja a la de las computadoras, y como resultado tienden a ser más veloces al analizar problemas con operaciones matemáticas de datos en capas múltiples. Los archivos tipo vector en contraste, dada su naturaleza, son excelentes para el análisis del espacio interconectado.

En términos de interpretación, las estructuras tipo ráster están más orientadas a la posición, mientras que las estructuras vectoriales están orientadas a temas. Las primeras registran las características que se asocian a las ubicaciones, mientras las otras registran las ubicaciones que están asociadas a características; por esta razón las estructuras ráster son más apropiadas para la interpretación de dónde y las estructuras vector son más apropiadas para interpretar qué.

Los datos graficables en un SIG se organizan en forma de mapas o capas de información, las mismas que pueden, cruzarse, superponerse, sumarse, etc., es decir interactuar mediante operaciones matemáticas, lo cual se conoce como álgebra de mapas.

Las posibilidades de los SIGs en cuanto a representaciones gráficas no se limitan a representaciones cartográficas y similares, si no que permiten el despliegue de la información mediante otras formas, tales como modelos tridimensionales (módulos de análisis de terreno), histogramas y otros gráficos estadísticos –desplegados sobre la cartografía- (módulos estadísticos), a manera de un “tour” en el que se observa, e.g, la evolución de un gradiente (módulos de navegación).

Además la simbología y características de formato de todos los elementos gráficos pueden ser manipulados fácilmente, formateando las salidas a gusto de los usuarios.

2.3 Bases de datos geográficas

Las bases de datos geográficas (BDGs) son bases de datos cuyos elementos están geográficamente referenciados, esto quiere decir mapas digitales, que para un SIG están asociados a datos.

Los elementos de la base de datos geográfica de un SIG, o sea los mapas digitalizados, deben estar topológicamente corregidos antes de ser integrados a la base de datos del SIG. La revisión topológica es un paso imprescindible en la integración de las BDGs.

En la revisión topológica se chequean aspectos como la conectividad, la unicidad, y en general las inconsistencias de los datos como líneas excedentes, líneas incompletas, ausencia de uniones entre líneas, ubicación de nodos en intersecciones, elementos duplicados, elementos lineales abiertos.

2.4 Aplicaciones

Las aplicaciones de los SIGs se relacionan con el objetivo de su desarrollo: interrelacionar y analizar información espacialmente

referenciada. Así pueden ser empleados en muchos campos de la vida moderna, de hecho actualmente los niveles más representativos de la sociedad como gobiernos, municipios, empresas, industrias, científicos, etc., los emplean para análisis de problemas y toma de decisiones.

Dado que las posibilidades de aplicación de la tecnología SIG a los problemas y situaciones del mundo real es muy amplia y diversa, el uso en éste y otros ámbitos se considera, actualmente como indispensable y dependerá de las necesidades, ingenio y habilidades de los investigadores el grado de desarrollo y explotación que alcance

Mientras un dato sea susceptible de ser asociado a una posición o sistema de coordenadas geográfico, este podrá ser integrado en un SIG, con el cual se pueden generar y analizar modelos, representar entornos, localizar eventos, medir la distancia espacial entre eventos, definir rutas óptimas, planificar estratégicamente, etc.

Los primeros usuarios de los SIGs fueron los funcionarios encargados de la administración y mantenimiento de los servicios públicos en centros poblados; servicios como redes de electricidad, telefonía, agua potable y alcantarillado, etc., son relativamente bien representados en un SIG, lo que significa un medio eficaz de control y administración de sus sistemas. En este mismo ámbito son usados por los responsables de la planificación de los usos de la tierra, para la reducción del

congestionamiento urbano, para la selección y obtención de recursos en determinadas áreas, para el combate del crimen, entre otros.

En el aspecto ambiental han posibilitado la administración y el mejor manejo y preservación de los recursos naturales, los investigadores los emplean como herramientas de cajón en sus estudios del mundo natural, sirven para modelar los ecosistemas y los procesos contaminantes en un marco espacial y temporal actualizado. De formas similares pueden ser usados en las más variadas disciplinas como la geología, hidrología, etc.

Entre las bondades de los SIGs, están, el representar datos en forma de mapas temáticos, generar mapas de isocurvas (contornos) a partir de datos puntuales (esto hasta el nivel de sistema de mapeo y visualización "ECDIS" de un SIG), generar mapas a partir de imágenes, o permitir relacionar información de fuentes diversas.

El punto clave de todo esto es que permiten visualizar varios niveles de abstracción del mundo real lo que los hace una puerta abierta a un mundo de posibilidades.