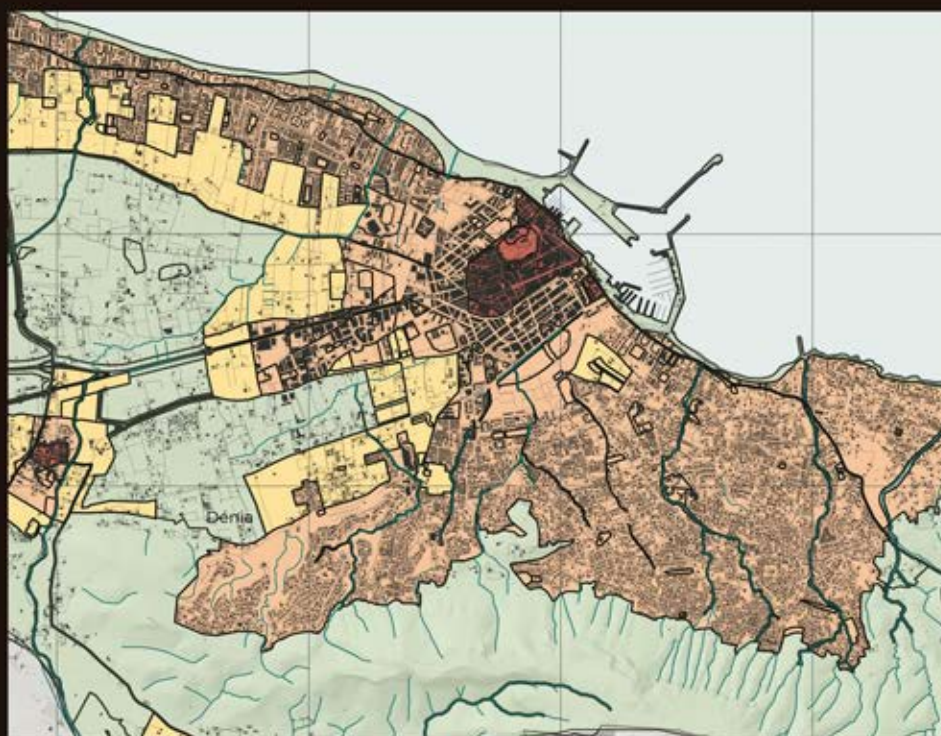


QGIS

Aplicado al Urbanismo



www



Desde www.ra-ma.es podrá
descargarse material adicional.

Rafael R. Temes Cordovez
Alfonso Moya Fuero



Ra-Ma®

edu

QGIS aplicado al urbanismo

Rafael R. Temes Cordovez
Alfonso Moya Fuero



Ra-Ma®

edü

Conocimiento a su alcance

BOGOTÁ - MÉXICO, D.F.

Temes Cordovez, Rafael R., *et al.*

QGIS aplicado al urbanismo/ Rafael R. Temes Cordovez y Alfonso Moya Fuero --.

Bogotá: Ediciones de la U, 2021

340 p. ; 24 cm

ISBN 978-958-792-280-6 e-ISBN 978-958-792-281-3

1. Sistema de información geográfica 2. Cartografía catastral 3. Áreas de servicio con QGIS Tít.
624 ed.

Edición original publicada por © Editorial Ra-ma (España)

Edición autorizada a Ediciones de la U para Colombia

Área: Ingeniería civil

Primera edición: Bogotá, Colombia, julio de 2021

ISBN. 978-958-792-280-6

© Rafael R. Temes Cordovez y Alfonso Moya Fuero

© Ra-ma Editorial. Calle Jarama, 3-A (Polígono Industrial Igarsa) 28860 Paracuellos de Jarama
www.ra-ma.es y www.ra-ma.com / E-mail: editorial @ra-ma.com
Madrid, España

© Ediciones de la U - Carrera 27 #27-43 - Tel. (+57-1) 3203510 -3203499
www.edicionesdelau.com - E-mail: editor@edicionesdelau.com
Bogotá, Colombia

Ediciones de la U es una empresa editorial que, con una visión moderna y estratégica de las tecnologías, desarrolla, promueve, distribuye y comercializa contenidos, herramientas de formación, libros técnicos y profesionales, e-books, e-learning o aprendizaje en línea, realizados por autores con amplia experiencia en las diferentes áreas profesionales e investigativas, para brindar a nuestros usuarios soluciones útiles y prácticas que contribuyan al dominio de sus campos de trabajo y a su mejor desempeño en un mundo global, cambiante y cada vez más competitivo.

Coordinación editorial: Adriana Gutiérrez M.

Carátula: Ediciones de la U

Impresión: DGP Editores SAS

Calle 63 #70D-34, Pbx (57+1) 3203510

Impreso y hecho en Colombia

Printed and made in Colombia

No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro y otros medios, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del Copyright.

A nuestras familias

ÍNDICE

ACERCA DE LOS AUTORES	11
RAFAEL R. TEMES CORDOVEZ	11
ALFONSO MOYA FUERO.....	12
CAPÍTULO 1. PRÓLOGO.....	13
INTRODUCCIÓN SOBRE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.....	19
1.1 INTRODUCCIÓN	20
1.2 OBJETIVOS COMPETENCIALES.....	20
1.3 DESARROLLO DE CONTENIDOS	20
1.3.1 ¿Qué es un SIG y para que se usa?.....	20
1.3.2 Una breve historia del SIG	22
1.3.3 Aplicaciones profesionales de los SIG.....	26
1.3.4 La diferencia entre un SIG y un CAD.....	30
1.3.5 La racionalización, reutilización y nueva gestión de datos espaciales en Europa	32
1.3.6 Tipos de datos. Datos vectoriales y datos ráster.....	33
1.3.7 Tipos de operaciones según la naturaleza de los datos.....	37
1.3.8 Formato de archivos	39
1.3.9 Diferentes programas SIG. Comparativa con QGIS	43
1.3.10 Las Infraestructuras de Datos Espaciales (<i>IDE's</i>)	45
1.3.11 Servicios cartográficos (wms, wfs, csw, wps.....)	47
1.4 RECUERDA QUE.....	48
CAPÍTULO 2. INTRODUCCIÓN A QGIS Y FORMACIÓN DE CARTOGRAFÍA TEMÁTICA.....	49
2.1 INTRODUCCIÓN	50
2.2 OBJETIVOS COMPETENCIALES.....	50
2.3 DATOS DE PARTIDA.....	50

2.4	DESARROLLO DE CONTENIDOS	50
2.4.1	Introducción general a Quantum GIS (QGIS).....	50
2.4.2	Descripción de la cartografía base usada	53
2.4.3	La proyección cartográfica	54
2.4.4	Diferentes tipos de ficheros	56
2.4.5	Agrupación de datos para su representación	58
2.4.6	Carga de datos	59
2.4.7	Edición de datos	62
2.4.8	Trabajar con tablas de atributos.....	64
2.4.9	Realización de consultas	66
2.4.10	Procesos de simbolización de mapas	69
2.4.11	Realización de salidas gráficas.....	73
2.4.12	Establecimiento de un link con una hoja de cálculo	75
2.5	AUTOEVALUACIÓN.....	77

CAPÍTULO 3. CARTOGRAFÍA CATASTRAL Y EXPLOTACIÓN DE DATOS ASOCIADOS..... 83

3.1	INTRODUCCIÓN	84
3.2	OBJETIVOS COMPETENCIALES.....	84
3.3	DATOS DE PARTIDA.....	84
3.4	DESARROLLO DE CONTENIDOS	84
3.4.1	Descarga de datos catastrales	84
3.4.2	Referencia catastral	89
3.4.3	Catastro de Rústica y Urbana	89
3.4.4	Alta y baja de elementos catastrales.....	92
3.4.5	Fichero CAT de registros catastrales	94
3.4.6	Servicio INSPIRE de catastro	99
3.4.7	Mapas temáticos	102
3.5	AUTOEVALUACIÓN.....	106

CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DE ENTIDADES MÁS CERCANAS, ÁREAS DE SERVICIO CON QGIS..... 113

4.1	INTRODUCCIÓN	114
4.2	OBJETIVOS COMPETENCIALES.....	114
4.3	DATOS DE PARTIDA.....	114
4.4	DESARROLLO DE CONTENIDOS	114
4.4.1	Consideraciones previas.....	114
4.4.2	Introducción	121
4.4.3	Preparación de los datos de red.....	122
4.4.4	Cálculo de rutas	126
4.4.5	Áreas de servicio	130
4.4.6	Complementos de QGIS.....	135
4.4.7	Servicios de cálculo de rutas	137
4.5	AUTOEVALUACIÓN.....	138

CAPÍTULO 5. GESTIÓN DE DATOS ESTADÍSTICOS DEL INE E IMPLEMENTACIÓN EN QGIS.....	145
5.1 INTRODUCCIÓN	146
5.2 OBJETIVOS COMPETENCIALES.....	146
5.3 DATOS DE PARTIDA.....	146
5.4 DESARROLLO DE CONTENIDOS	146
5.4.1 El valor de la información.....	146
5.4.2 El Instituto Nacional de Estadística	150
5.4.3 El Padrón Continuo de Habitantes	152
5.4.4 Unión de datos y cartografía	161
5.4.5 El censo de población y vivienda.....	164
5.4.6 Uso de la información censal	170
5.5 AUTOEVALUACIÓN.....	174
CAPÍTULO 6. ANÁLISIS MULTICRITERIO RÁSTER PARA LA DETERMINACIÓN DE UN PRODUCTO INMOBILIARIO.....	181
6.1 INTRODUCCIÓN	182
6.2 OBJETIVOS COMPETENCIALES.....	182
6.3 DATOS DE PARTIDA.....	182
6.4 DESARROLLO DE CONTENIDOS	182
6.4.1 Problema y modelo planteado	182
6.4.2 Datos de partida.....	184
6.4.3 Factores limitantes.....	184
6.4.4 Factores de capacidad.....	211
6.4.5 Factor de vulnerabilidad.....	229
6.4.6 Aptitud y propuesta de localización	232
6.5 AUTOEVALUACIÓN.....	242
CAPÍTULO 7. CASO PRÁCTICO. APROXIMACIÓN A LAS ÁREAS URBANAS EN DECLIVE.....	247
7.1 INTRODUCCIÓN	248
7.2 OBJETIVOS COMPETENCIALES.....	248
7.3 DATOS DE PARTIDA.....	248
7.4 DESARROLLO DE CONTENIDOS	248
7.4.1 Problema y modelo planteado	248
7.4.2 Datos de partida.....	249
7.4.3 Desarrollo del ejercicio	250
7.4.4 Conclusiones	304
7.5 ANEJOS.....	304
BIBLIOGRAFÍA.....	335
MATERIAL ADICIONAL	339

ACERCA DE LOS AUTORES

RAFAEL R. TEMES CORDOVEZ

e-mail: rtemesc@urb.upv.es

Doctor Arquitecto por la Universitat Politècnica de València (UPV) y Máster en Proyección Urbanística por la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC). Es profesor de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia. Departamento de Urbanismo. Es Director académico del Máster en “Sistemas de Información Geográfica aplicados a la Ordenación del Territorio, el Urbanismo y el Paisaje” (UPV) y Director académico del Diploma de Especialización en “Rehabilitación y Regeneración Urbana” (UPV-IVE-GV). Coordinador del Grupo de Investigación “Vlc Urban Big Data” (UPV) y miembro de los equipos de investigación “ReinventUR: Observatorio de la Renovación turística” (Universidad de La Laguna) y Arquitectura Open Source” (Universidad San Jorge). Entre las líneas de investigación principales destacan las centradas en los procesos de renovación urbana en los espacios residenciales y turísticos y los estudios sobre salud y calidad de vida en entornos urbanos utilizando herramientas SIG. Ha recibido el Premio de Investigación Sandalio Miguel-María Aparicio en su 16ª edición en el año 2015 por el Proyecto “R-alergo. Rutas alergosaludables” y el 1º Premio del Concurso de Accesibilidad del Laboratorio de Accesibilidad del Ayuntamiento de Valencia en su edición 2019 por el Proyecto “Sense Barreres”.

ALFONSO MOYA FUERO

e-mail: almofue@urb.upv.es

Grado en Topografía y Geomática y Master en Geotecnologías Cartográficas en Ingeniería y Arquitectura por la Universidad de Salamanca y Master en Teledetección por la Universitat de València (UPV). Pertenece al Cuerpo Superior de Gestión en Geodesia y Cartografía del Institut Cartogràfic Valencià y profesor del Departamento de Urbanismo de la Universitat Politècnica de València. Es coordinador del Máster en “Sistemas de Información Geográfica aplicados a la Ordenación del Territorio, el Urbanismo y el Paisaje” (UPV) y miembro del Grupo de Investigación “VlcUrbanBigData” (UPV). Entre las líneas de investigación principales que desarrolla destacan las centradas en la aplicación de la geomática y nuevas tecnologías al urbanismo, turismo y aplicaciones de salud. Ha recibido el “Premi de Cartografia i Territori Pare Tosca” otorgado por la Generalitat Valenciana por el Trabajo Final de Máster “Detección automática de nuevas construcciones a partir de ortofotos del Instituto Cartográfico Valenciano”. Ha recibido el Premio de Investigación Sandalio Miguel-María Aparicio en su 16ª edición en el año 2015 por el Proyecto “R-alergo. Rutas alergosaludables” y el 1º Premio del Concurso de Accesibilidad del Laboratorio de Accesibilidad del Ayuntamiento de Valencia en su edición 2019 por el Proyecto “Sense Barreres”.

PRÓLOGO

No es aventurado afirmar que en todo lo relacionado con la ciudad, los instrumentos de representación gráfica han tenido una larga tradición. Como nos comenta Monclús (2015), la representación de las ciudades es casi tan antigua como las propias ciudades. Al principio se combinaban, en diferentes lienzos, las corografías, derivada del vocablo griego *choros* (lugar), que trataban de “los detalles más pequeños de los lugares” y de “pintar una semblanza fiel de los lugares que describían”, con los mapas en planta. Las primeras, eran representaciones tridimensionales, a modo de paisajes urbanos, que mostraban con fidelidad inventarial los alzados de la ciudad desde un escogido punto de vista (Figura 01). Por su parte, los planos en planta permitían la medición precisa y acompañaban al catálogo de edificios, parcelas y calles (Figura 02). En otros casos, se combinaban ambas vistas, la ortogonal y la vista en alzado en mapas de larga tradición en la representación de ciudades (Figura 03).



Figura 1 y 2. Novilissima Palmaria Civitas”, acuarela anónima del S.XVIII, Sociedad Cosmológica. Santa Cruz de La Plama; Descrittione et historia del regno de l’isole Canarie gia dette le Fortvnate. Santa Cruz de La Palma, Leonardo Torriani, 1592



Figura 3. Detalle del Valentia edetanorum aliis contestanorum, vulgo del Cid. Ichnographice delineata a Dre. Thoma Vincentio Tosca Congreg. Oratorij Presbytero. Anno 1704.

Su misión era doble: por un lado, eran documentos necesarios para la defensa militar de las plazas y por otro, servían para planificar los crecimientos y disponer de incipientes catastros para el pago de impuestos o simple inventario de bienes. La gestión de lo urbano, desde antiguo, ha necesitado de la vinculación entre la representación espacial de la forma urbana y la información asociada a la misma.

Por otro lado, no es tampoco nuevo descubrir el potencial uso que el posicionamiento de los datos, hoy diríamos georreferenciados, ha tenido para la detección de patrones. Más allá del caso del Dr. Johan Snow (1854), pionero de la epidemiología, del que daremos cuenta más adelante, en Valencia se hace una curiosa representación gráfica del proyecto del ensanche de 1858, esta vez en 1886 (Gomez *et al.*, 1886). Como comenta Taberner (2014) el plano presenta la singularidad de situar sobre las calles de la ciudad, de acuerdo con sus domicilios, el total de fallecidos a causa de la epidemia de cólera de 1885. Como se indica al pie del plano “cada punto rojo indica un fallecido por la epidemia” pudiéndose constatar que son los barrios más insalubres los que presentan mayor número de víctimas (Figura 04). Ejemplos pioneros como este, muestran la utilidad que la gestión simultanea de fuentes y posicionamiento espacial han tenido en la administración urbana. Sin embargo, no es menos cierto decir que el uso de instrumentos específicos que generalizaran el uso de datos con capacidad de representación espacial en el urbanismo, es algo relativamente reciente.

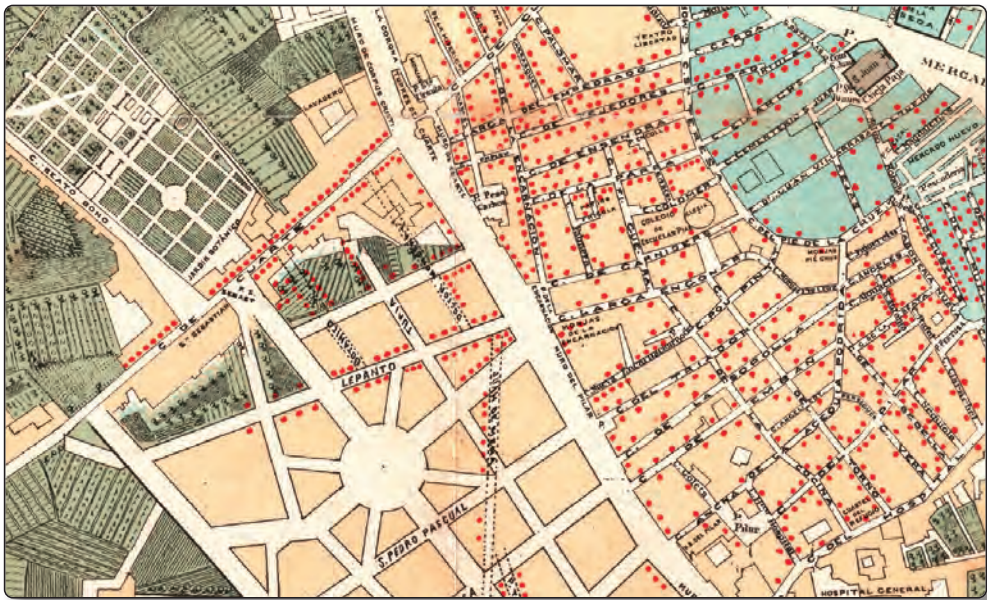


Figura 4. Detalle del Plano topográfico de la ciudad de Valencia del Cid con la distribución por calles y barrios de la mortalidad colérica. ([ca. 1885]).

También es una práctica, con larga tradición en el urbanismo y en la arquitectura, la superposición de capas o planos para transmitir información de una fuente a otra o realizar análisis basados en el posicionamiento espacial y la coincidencia. El conocido como “overlay”, sin duda es uno de los métodos más extendidos de análisis urbanos que tiene como referencia los trabajos de Ian Mcharg publicados en 1968 en su célebre libro “Design with Nature” (Figura 5). Técnicas similares de “calcado” y adición han sido empleadas posteriormente en algunos trabajos (Temes, 2019) para detectar los cambios experimentados en la cartografía urbana de diferentes periodos, utilizando la técnica de coordinación cartográfica que intenta evadir los errores acumulados del uso de distintas fuentes gráficas y calidades de representación.



Figura 5. Environmental Factors Overlay, Ian MacHarg

En esta misma línea, en los últimos años, ha vuelto a resurgir con fuerza la revisión de los patrones a partir de la arquitectura y el urbanismo paramétrico. El término paramétrico proviene de las matemáticas y se refiere al uso de variables que permiten manipular o alterar el resultado final de una ecuación o sistema. A partir del parámetro, una determinada circunstancia puede entenderse o situarse en perspectiva. Así, se denomina diseño paramétrico a un proceso de diseño basado en un esquema de algoritmos, que permite expresar parámetros y reglas que definen, codifican y aclaran la relación entre los requerimientos del diseño y el diseño resultante (Jabi, 2013). De esta forma el urbanismo paramétrico, es aquel basado en patrones o rutinas de crecimiento y evolución predefinidas, que pueden combinarse y adaptarse de manera lógica a cada una de las geometrías que se propongan. Esto facilita la exploración de múltiples alternativas en 3D, generando todo un rango de posibles soluciones. En tal sentido, la aplicación de estas técnicas de base SIG permiten reducir esfuerzos, eliminando tareas repetitivas para valorar diferentes escenarios (Temes y Moya, 2019). La emergencia de las técnicas de Modelado de Información de la Edificación (BIM) ha impulsado también el interés por la búsqueda de una adecuada integración con los SIG, lo que permite transitar entre escalas en apariencia muy distantes, así como gestionar la información de carácter urbano y arquitectónica a la vez.

Si bien los Sistemas de Información Geográfica (SIG) fueron desarrollados a finales de los sesenta, al principio muy pocos departamentos de planificación y urbanismo hicieron uso de ellos por el prohibitivo costo de los hardware y la limitada capacidad de los softwares (Yeh A G-O, 1999). Con el descenso de precios y el mayor desarrollo de la informática, el uso del SIG emerge en el urbanismo en los años noventa. Treinta años después se ha avanzado mucho, tanto en la mejora de los softwares de apoyo como en el uso de los SIG en el campo del urbanismo, si bien no podemos decir que se trate de un empleo generalizado ni frecuente. Rota la inercia tecnológica, el obstáculo mayor que ha lastrado durante estos años el empleo más extendido de los SIG ha sido la dificultad de contar con datos y fuentes de información libres y adaptadas para el uso o implementación con estas herramientas. Sin embargo, en los últimos 10 años, gracias entre otras cosas al nuevo marco de referencia europea establecido por la iniciativa INSPIRE (2007), dicho escollo parece haberse salvado en la mayor parte de las administraciones públicas con competencias en la ciudad, disponiendo hoy de repositorios libres con información de interés para la planificación urbana. Este importante avance, junto con la generalización en el uso de cartografías, tanto por personas expertas como por otros ciudadanos, hace pensar en una proyección positiva en el uso de los SIG en los próximos años en este campo (Temes, 2020).

Quisiéramos agradecer a la Editorial Ra-Ma (www.ra-ma.es) la confianza depositada en nosotros para la redacción de este manual práctico. Ese agradecimiento

se hace extensivo a la Universitat Politècnica de València y más concretamente al Departamento de Urbanismo, donde desarrollamos a diario nuestra docencia e investigación.

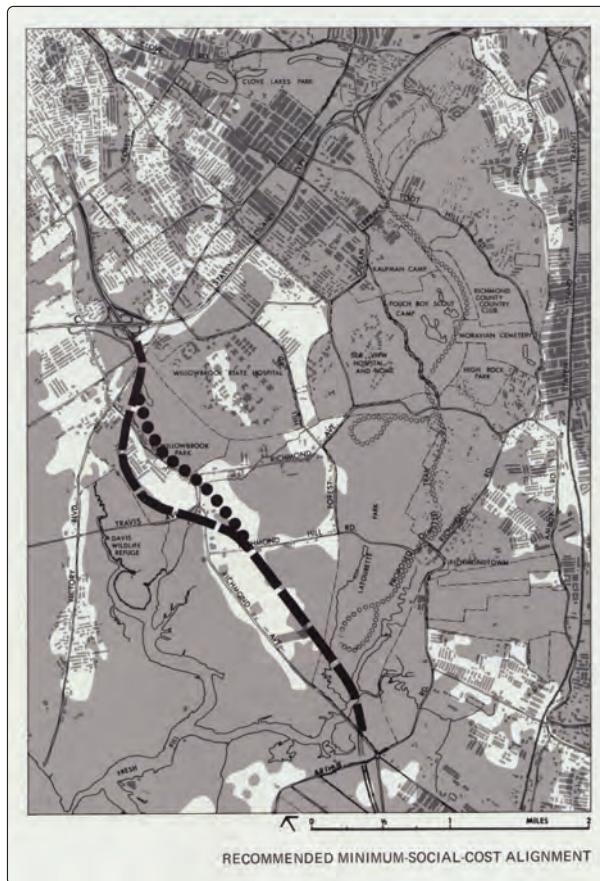
Especialmente queremos destacar la ayuda prestada por Ruth De León Rodríguez, Beatriz Martín Guillén y Beatriz Menéndez Pulido en el proceso de preparación y revisión de este libro. También queremos agradecer el apoyo del Máster en Sistemas de Información Geográfica aplicadas a la Ordenación del Territorio, el Urbanismo y el Paisaje (www.cursosigupv.es), que tras 8 ediciones se ha consolidado, al menos en el panorama nacional, como una formación de postgrado especializada que pone su acento en la vinculación entre los SIG y el urbanismo. A todos los alumnos, compañeros y profesores que de una u otra manera han impulsado, estimulado y facilitado esta línea de trabajo basada en el uso de los SIG y sus aplicaciones en el campo del urbanismo, gracias.

Valencia, noviembre 2020

Rafael Temes y Alfonso Moya

1

INTRODUCCIÓN SOBRE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA



Superposición de factores sociales y medioambientales: Ruta recomendada. Fuente: McHarg, (2020)

1.1 INTRODUCCIÓN

El objetivo de este primer capítulo es el de entender qué es un SIG y para qué se puede utilizar. Así mismo se introduce al lector en las diferencias que existe entre los *softwares* dedicados al dibujo asistido por ordenador (CAD) y los *softwares* SIG. También se ofrece una descripción de los principales *softwares* libres y bajo licencia usados hoy en día para trabajar con SIG. A partir de esta introducción el lector tendrá una primera aproximación que le permitirá, en el Capítulo 2 introducirse al *software* QGIS.

1.2 OBJETIVOS COMPETENCIALES

Esta primera parte del libro tiene como objetivo realizar un breve resumen y antecedentes sobre los orígenes de los Sistemas de Información Geográfica, sus utilidades en diferentes disciplinas, diferencias con otras herramientas de análisis y principales *softwares* desarrollados para su empleo. El lector será capaz de:

- Explicar qué es un SIG y para que se usa.
- Identificar las diferencia entre un *software* SIG y un *software* CAD.
- Esquematizar y explicar para que sirve una IDE.
- Identificar las diferencia entre un archivo ráster y un archivo vectorial.

1.3 DESARROLLO DE CONTENIDOS

1.3.1 ¿Qué es un SIG y para que se usa?

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son, al mismo tiempo, una herramienta tecnológica y una síntesis conceptual producto de varias décadas de desarrollo teórico en cuanto a la forma de mirar, pensar y construir conocimiento acerca de la realidad socio-espacial [Buzai, 2013]. Antes de entrar en la discusión específica de la definición de un SIG de acuerdo con los diferentes autores, parece sensato introducir previamente unos conceptos básicos que nos ayuden a situarnos respecto a dicha definición.

La Tierra, el espacio geográfico, o el lugar donde ocurre algo, pueden ser representados a través de dos grandes componentes. Por un lado, las entidades que se encuentran distribuidas con localizaciones espaciales específicas, y por el otro, los atributos que estas entidades tienen. Las entidades serán normalmente representadas de forma abstracta a partir de una geometría simple (punto, línea o polígono), mientras que los atributos serán los datos e información asociada que queremos

añadir a dicha entidad o que tengamos sobre su naturaleza (superficies, número de plantas, tipo de suelo...).

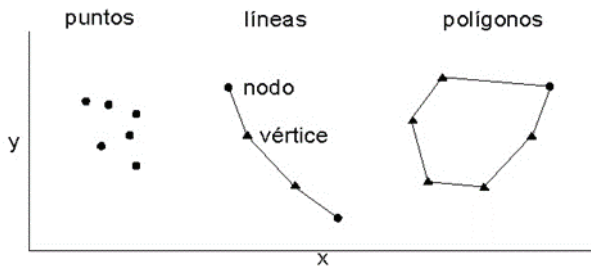


Figura 1.1. Primitivas básicas

A nivel informático, esta situación se resuelve mediante la creación de bases de datos gráficas que gestionan formas, y bases de datos alfanuméricas que gestionan datos. Sin embargo, como dice Buzai [2013], tuvo que pasar mucho tiempo para que los trabajos realizados con cada una de ellas se integraran. Normalmente, quienes trabajaban con las formas, lo hacían con *software* de diseño y dibujo (p.ej. *AutoCAD*, *Adobe Illustrator*), y quienes se interesaban por los atributos, lo hacían con bases de datos, hojas de cálculo o programas de análisis estadístico (p.ej. *Access*, *Excel*, *SSPS*). Los SIG ingresaron en este panorama informático para actuar de nexo entre ambas formas de sistematización de datos. La finalidad de un SIG, entonces, es la de combinar las bases de datos gráficas (cartografía digital con la localización de cada entidad) con las bases de datos alfanuméricas (atributos textuales y numéricos medidos en cada unidad espacial) para representarlos dentro de un sistema de coordenadas geográficas y realizar un tratamiento espacial de los datos a fin de obtener información significativa.

A partir de aquí, hay muchas definiciones que tratan de concretar lo que es un SIG, prestando atención a su estructura, sus componentes o sus funcionalidades. No es el objetivo de este libro presentar una lista interminable de definiciones acerca de los SIG, más bien, nos interesa identificar algunas de las definiciones que, a nuestro juicio, mejor describen sus características:

- Una de las primeras definiciones dada a mediados de la década de 1960, es la expresada por el geógrafo canadiense Michael Dacey, quien afirma que un sistema de información geográfica es “cualquier cosa que funciona como un mapa, al comunicar geográficamente la información solicitada por los usuarios del sistema” [Dacey, 1970].

- El *National Center for Geographic Information and Analysis* (NCGIA) de los Estados Unidos, establece la definición: “Un SIG es un sistema de información compuesto por *hardware*, *software* y procedimientos para capturar, manejar, manipular, analizar, modelizar y representar datos georreferenciados, con el objetivo de resolver problemas de gestión y planificación” [1990].
- El Departamento de Medioambiente Británico indica que: “Un SIG es un sistema para capturar, almacenar, validar, integrar, manipular, analizar y representar datos referenciados sobre la Tierra” [1987].
- El profesor Bosque Sendra [1997] lo define como “un sistema de *hardware*, *software*, datos y usuarios que permite capturar, almacenar, desplegar, cartografiar, analizar, etc. información geográfica y con ello ayudar a la toma de decisiones”.
- “Una base de datos especializada que contiene objetos geométricos” [Cebrián, 1992].
- Por su parte, el profesor Antonio Moreno [2008] nos dice que, “en sentido restringido, se identifica con frecuencia a los SIG como unos programas de ordenador. En realidad, un sistema tal, capaz de dar el servicio que se espera de él, debe conjugar cuatro componentes: una serie de dispositivos (máquinas electrónicas), unos programas (SIG), un conjunto de datos geográficos (la base de datos espaciales) y unos expertos en el manejo de los tres elementos previos”.
- Según el profesor Ángel Felicísimo [1994], “un SIG es un sistema de gestión de base de datos con herramientas específicas para el manejo de información espacial y sus propiedades. Los tipos de propiedades que un SIG debe poder analizar, tanto independiente como conjuntamente, son tres: métricas, topológicas y atributivas”.

1.3.2 Una breve historia del SIG

Es frecuente aludir, cuando hablamos de los orígenes de los SIG, al caso del pionero de la epidemiología, el Dr. John Snow, quien, en 1854, proporcionó un primer ejemplo de lo que podríamos llamar el ‘protoSIG’: a partir del levantamiento y cartografía de las incidencias de los casos de cólera en un mapa del distrito de Soho en Londres, Snow localizó con precisión un pozo de agua contaminado como fuente causante del brote.



Figura 1.2. Los puntos muestran la localización de las personas afectadas por beber agua de los pozos (cruces). Casos de cólera (1854 Londres). Mapa original (Dr. John Snow 1813-1858).

Si bien esto podríamos entenderlo como una de las primeras aplicaciones que demuestra la utilidad de los SIG, si se trata de autoría sobre el primer SIG, se suele aludir a Roger Tomlinson, quien, en Canadá, a principios de los 60, en el Departamento Federal de Energía y Recursos, desarrolló un sistema denominado CGIS (*Canadian Geographical Information Systems*) que tenía como objetivo manejar los datos geográficos de Canadá y realizar análisis sobre el suelo rural. En ese momento se acuña el término SIG y Tomlinson es conocido como el ‘padre del SIG’.

Como apunta Pérez Navarro [2011], más tarde, Howard Fisher, un arquitecto norteamericano, empezó a trabajar con sistemas de mapas informatizados y estableció el primer Laboratorio de Gráficos Informatizados y Análisis Espacial en la Universidad de Harvard. En 1969, dos estudiantes de ese laboratorio de Harvard (Jack Dangermond y su esposa), formaron la empresa ESRI, dando paso a una de las mayores compañías de desarrollo de tecnología SIG.

En esa misma década los trabajos del arquitecto Ian McHarg anticipan una forma de operar con los datos geográficos que más adelante va a convertirse en una constante del trabajo dentro de los SIG: la técnica del *over layer* o superposición de cartografías temáticas (*Mapping Overlay System*), que constituirá uno de los análisis

clásicos habitualmente empleados, y que McHarg definía a partir del principio de las 4 M de la superposición de capas: *Measurement, Mapping, Monitoring and Modeling*. Con su innovador libro “*Design with Nature*” [1969] planteará, a partir de varios casos, una metodología original para el análisis del medio ambiente que será la base de muchas de las técnicas de valoración de impactos ambientales.

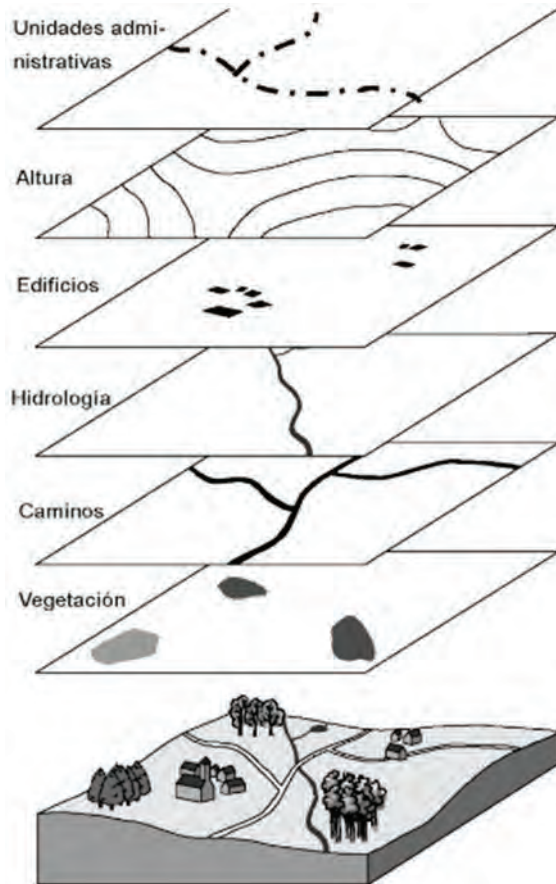


Figura 1.3. Esquema de superposición de capas de información básico en los análisis SIG. Fuente: Sastre, (2010)

Es a partir de los años 80 cuando se produce, con el abaratamiento de los ordenadores, el despliegue de los SIG. Como comenta Pérez Navarro [2011], los primeros clientes serán empresas forestales y relacionadas con el medio ambiente, para luego ir extendiéndose a otros campos como el urbanismo, la planificación, etc. Desde aquí hasta la actualidad, el fuerte desarrollo de las tecnologías de la información

no ha hecho más que ir dando mayor protagonismo a estos sistemas, gracias a la gran demanda desde diferentes campos de uso de información georreferenciada y gestión de grandes cantidades de datos y atributos. En pocas palabras, y como resumen, el campo de los SIG ha recorrido sucesivas etapas hasta nuestros días (Figura 1.4), evolucionando muy rápidamente ante la influencia de numerosos factores externos:

- La evolución del SIG como disciplina: Cómo ha cambiado la presencia social de los SIG y su relación con otras disciplinas científicas, tanto influenciándolas como siendo influenciado por ellas.
- La evolución de la tecnología: Cómo ha variado el *software* SIG, así como los ordenadores, periféricos y elementos informáticos de los que depende para su funcionamiento.
- La evolución de los datos: Cómo ha cambiado la generación de datos, su almacenamiento, y cómo esto ha condicionado el desarrollo de nuevas soluciones para su manejo.
- La evolución de las técnicas y formulaciones: Desde los elementos básicos de la cartografía cuantitativa, cómo se han desarrollado nuevos conceptos, enfoques, teorías o ramas de conocimiento de nueva aparición, que han dejado su huella en la evolución de los SIG.

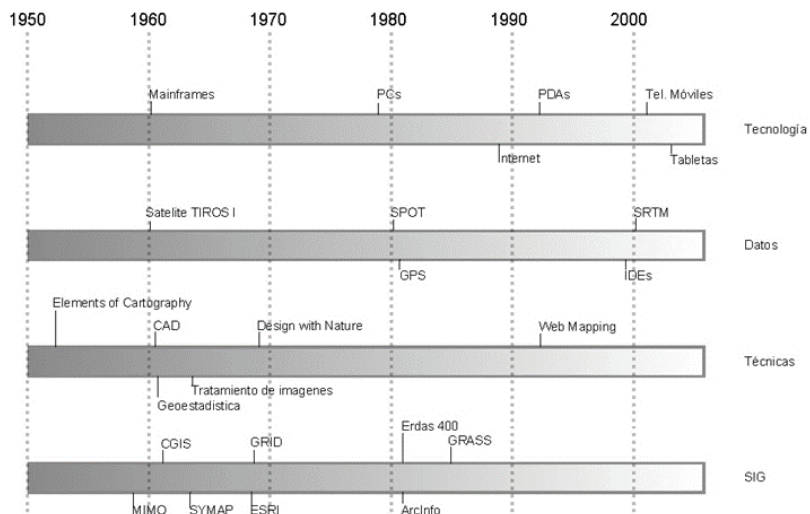


Figura 1.4. Esquema temporal de evolución de los SIG. Fuente: Olaya (2020)

1.3.3 Aplicaciones profesionales de los SIG

La realidad es que los SIG, como herramienta de análisis y gestión de datos, constituye un potente instrumento al servicio de prácticamente cualquier profesional. Hoy en día posiblemente más del 70% de la información que manejamos en cualquier disciplina tiene un posicionamiento espacial y, por tanto, el lugar donde ocurre constituye una variable imprescindible en el análisis de la información. Es por ello que no es abarcable contestar de manera exhaustiva al título de este apartado. Sin embargo, podemos centrarnos en algunos de los campos profesionales donde los SIG han ido teniendo a lo largo del tiempo una mejor acogida, y se han demostrado como herramienta imprescindible en la gestión de sus fuentes de información.

Si bien los principios de los SIG no fueron fáciles, al considerarse éstos como un mero espejismo tecnológico [Buzai, 2013; Ruiz Almar, 2010], lo cierto es que los debates producidos sobre todo en las décadas de los 80 y los 90, fueron consolidando el paradigma geotecnológico producto de una *revolución teórica* y una *revolución intelectual* [Buzai y Baxendale, 2006]. Ahora bien, su potente impulso no se limitó al campo de la geografía, sino que ha contribuido y se ha integrado en muchas otras disciplinas, convirtiéndose en una herramienta interdisciplinar. Veamos algunas de ellas:

1.3.3.1 GEOGRAFÍA

Como apunta Buzai [2013], en el ámbito de la geografía como ciencia, se están produciendo, al mismo tiempo, una revolución teórica y una revolución intelectual. La primera revolución se encuentra relacionada con nuevos procedimientos metodológicos y técnicos para el tratamiento de datos espaciales; y la segunda, con la forma de pensar la realidad en apoyo a un mayor desarrollo del pensamiento espacial de las nuevas generaciones. En ambas revoluciones los SIG tienen un papel protagonista. En realidad, el pensamiento geográfico ha ido evolucionado encontrando tres hitos en cuanto a las construcciones teóricas fundamentales que hoy identificamos en el interior de los SIG [Buzai, 2013]. Por un lado, a finales de los 30, aparece una postura racionalista como postura de actualización de la geografía tradicional de vertiente regional. A mediados de 1950, se promueve un gran apoyo a las ciencias fisicomatemáticas y éstas impactan en la geografía: es el momento de la aparición de la llamada geografía cuantitativa. A inicios de la década de 1980, surge una nueva perspectiva basada en la automatización digital de los procedimientos geográficos, denominada geografía automatizada. En esta evolución, los SIG han encontrado un papel protagonista en la última etapa: estudios de carácter territorial, valoración de impactos, evolución de la naturaleza y usos en el territorio, etc., son algunos de los diversos trabajos desarrollados desde la geografía, donde estas herramientas se convierten en instrumentos imprescindibles.

1.3.3.2 CIENCIAS HUMANAS Y SOCIALES

De la misma manera que en algunas disciplinas preocupadas por el territorio, propiamente dicho, como objeto de estudio, los SIG se ofrecen como un instrumento válido para trabajar con la componente espacial, en otras, como es el caso de las ciencias sociales y humanidades, el acento se pone en los sucesos o acontecimientos que ocurren en un determinado lugar. También aquí la vinculación de lo que sucede y dónde sucede, requiere de instrumentos que permitan una gestión simultánea. Los SIG constituyen una vez más una herramienta útil para este tipo de análisis.

Dentro de este grupo en el que se encuadran diversas disciplinas (historia, demografía, lingüística, turismo, arqueología, ...) hemos seleccionado dos en las que hemos detectado un uso más intenso de los SIG en los últimos años:

► Arqueología

En el campo de la arqueología, como comentan Zamora y Baena [2010], el empleo de los SIG se ha visto enormemente facilitado por el desarrollo previo de lo que se ha venido a llamar “*New Archaeology*”, o “Nueva Arqueología”, corriente de la que se nutre la arqueología espacial. A partir de ahí, nuevos planteamientos teóricos han venido a validar o cuestionar, según el caso, la forma y posibilidades que estas herramientas y su aplicación tienen dentro de estos estudios. En la práctica, entre las aplicaciones más comunes, tenemos la gestión y documentación del patrimonio arqueológico, los modelos predictivos, los estudios territoriales o de paisaje dirigidos a la identificación de patrones de asentamiento y posibilidades de explotación de los recursos del medio natural, o los análisis de visibilidad y rutas óptimas.

► Turismo

En el campo del turismo las posibilidades de los SIG son también amplias, pues no en vano el turismo es una actividad cuyo desarrollo sólo puede entenderse asociado a un lugar. La planificación turística requiere mucha recolección y procesamiento de datos espaciales, en los que los SIG y las tecnologías compatibles con ellos pueden aportar calidad, seguridad y eficiencia en el funcionamiento de dicha industria. Algunas oportunidades de aplicación de SIG pueden deducirse de los trabajos de Farsari y Prastacos [2004] en los que encontramos inventarios de recursos turísticos, impacto del turismo sobre el territorio o los destinos de ocio, detección de patrones, localización de rutas o zonas con especial valor para el turismo, y análisis sobre la obsolescencia de los destinos turísticos maduros.

1.3.3.3 ARQUITECTURA E INGENIERÍA

En el caso de la arquitectura y la ingeniería, disciplinas con una estructural base espacial, los SIG han encontrado un espacio propio para el impulso y desarrollo de los trabajos más habituales dentro de estas profesiones. La representación científica de las formas del territorio ha visto acrecentar su capacidad y precisión de manera espectacular en las últimas décadas, al hilo del desarrollo de la tecnología informática, de los sistemas de posicionamiento geográfico y de la capacidad de adquisición de datos mediante técnicas cada vez más sofisticadas. Como ya dijimos en una publicación anterior [Temes, Moya y Giménez, 2008] hoy parecería más posible que nunca, aquella paradoja borgiana que nos relataba la calamidad de los topógrafos de un imaginario reino que, en su afán de exactitud y servicio, llegaban a representar a escala uno es a uno el territorio.

Sin embargo, la incorporación al uso de los SIG desde la ingeniería y desde la arquitectura no ha sido tan vanguardista como en otras disciplinas. Ello contrasta con el hecho de que uno de los considerados padres de los SIG, Ian MacHarg, era arquitecto y fue el fundador de departamento de Arquitectura del Paisaje de la Universidad de Pensilvania. La realidad es que, como comenta la profesora García Almirall [2011], hoy por hoy, las administraciones, especialmente las locales encargadas de la gestión de las ciudades, generan un importante volumen de información casi en su totalidad con referencia a su territorio: unas bases de información sobre la población (padrón), el territorio (licencias de obra, planeamiento urbanístico, infraestructura viaria, redes alumbrado, equipamientos...) y su economía (Impuesto de Actividades Económicas, Impuesto de Bienes Inmuebles, etc.). Desde el momento en que un ayuntamiento dispone de una base gráfica digital, posee un denominador común de los datos anteriormente mencionados. Los SIG aportan, indudablemente, por su capacidad de análisis y manejo de datos, un conocimiento exhaustivo de la ciudad y su funcionamiento: una información valiosa en la planificación y gestión de los procesos de transformación urbana; una manera más precisa de conocer el estado del municipio en tiempo real y visualizar sus cambios [Temes y Moya, 2019].

Para mostrar las aplicaciones más destacadas que hoy los SIG tienen en el campo del urbanismo, la gestión urbana, la ordenación territorial y el planeamiento, podemos hacer una síntesis a partir de dos clasificaciones. Por un lado, emplearemos la clasificación que propone García Almirall, fruto de la experiencia de trabajo en el CPSV, centro de prestigio y pionero en España en el uso de los SIG para el análisis urbano. Por otro lado, nuestra propia experiencia desde el Departamento de Urbanismo de la *Universitat Politècnica de València* (UPV) en torno al Grupo de Investigación “*VlcUrbanBigData*” nos permite establecer una clasificación complementaria. A partir de ambas, proponemos de forma sintética 8 campos temáticos que pueden resumir las áreas que consideramos con mayor potencial en el uso de los SIG dentro de estas disciplinas [Temes, 2020]

- Estudios de caracterización y análisis urbanos en SIG, donde se plantean métodos integrados de estudio geoespacial de la ciudad incorporando datos sociales, económicos y urbanos, sobre la base de cartografías urbanas, mapas con datos elaborados del catastro y bases de datos municipales, entre otras. Cálculo de indicadores y valoración del comportamiento según los índices establecidos.
- Estudios encaminados a la gestión de información urbanística municipal: el inventario y gestión de patrimonios de suelo, su potencial edificable, de vivienda, así como los procesos de gestión de suelo y la representación tridimensional [Temes y Moya, 2019].
- Estudios y análisis sobre el potencial de renovación urbana, estado de conservación y/o grados de obsolescencia de los distintos tejidos de la ciudad.
- Estudios de valoración e integración paisajística, muy frecuentes por su naturaleza territorial.
- Estudios de sistematización en SIG del inventario y catálogo de protección de patrimonio edificado.
- Análisis de aptitud territorial para la acogida de determinadas actividades, como paso previo para la toma de decisiones en la ordenación territorial o planificación.
- Desarrollo de aplicaciones móviles (App) en las que el posicionamiento de variables en los entornos urbanos resulta útil para mejorar la calidad de vida, informar de forma más precisa o permitir tomar decisiones de manera más efectiva.
- Estudios de movilidad y de redes de transporte dentro de los entornos urbanos.



Figura 1.5. Evolución urbana de la ciudad de Valencia. 1944-1972. Fuente: R Temes (2007)

1.3.4 La diferencia entre un SIG y un CAD

Entre los técnicos y profesionales que tienen su campo de trabajo principalmente sobre el territorio y las ciudades, suele ser más frecuente y extendido el uso y conocimiento del *software* CAD (*Computer-Aided Design*, diseño asistido por ordenador) que del *software* SIG. Cuando se viene de este conocimiento inicial, suele caerse en el error de pensar que un SIG es un CAD avanzado, o un *software* que permite hacer salidas gráficas más rápidas y eficaces; pero la realidad es que hay notables diferencias.

Las aplicaciones CAD nos permiten dibujar con mucha precisión diferentes elementos tanto del mundo industrial, como de la ingeniería civil o de la arquitectura. Es frecuente, en este último caso, el empleo de *software* CAD en el dibujo de los planos necesarios para la construcción de un edificio o, por parte de diseñadores industriales, para la definición de piezas o prototipos. Se puede trabajar con *software* CAD tanto de forma bidimensional como tridimensional y, en su momento, supusieron una verdadera revolución en los procesos gráficos de representación de modelos. Según Almazán et al. [2009]) y Olaya [2020], las principales diferencias entre los SIG y el *software* CAD se pueden resumir en los siguientes puntos:

- El objeto del SIG es reflejar la realidad, mientras que el del CAD es diseñar algo que no existe todavía.
- La creación es el elemento fundamental en el CAD, mientras que el estudio de una realidad ya creada constituye la base del SIG.
- El almacenamiento de datos es diferente debido al distinto enfoque. En los SIG se da mayor peso a la gestión de los datos, mientras que en el CAD la parte visual es preponderante, y el almacenamiento así lo refleja. Un dato SIG se almacena como un dato geográfico complejo, mientras que en un CAD se almacena básicamente como un “dibujo”, pues es ese el enfoque fundamental de trabajo.
- El volumen de datos en un SIG es de órdenes de magnitud mayor, y ello implica una gestión de datos distinta y unas necesidades más elevadas en ese sentido.
- La escala de trabajo también alcanza dimensiones mayores, ya que, mientras que con ambas herramientas puede trabajarse en una extensión limitada, un CAD no está pensado para gestionar datos de una superficie como la de un país, un continente o el planeta entero.