



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
INGENIERÍA DE
EDIFICACIÓN

TITULACIÓN: GRADO EN ARQUITECTURA TÉCNICA

PROYECTO FINAL DE GRADO

MODALIDAD: CIENTÍFICO-TÉCNICO

JORGE
RUBIO
REIG

LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA Y LA INTERVENCIÓN EN EL
PATRIMONIO EDIFICADO.
EJEMPLO DE APLICACIÓN.

JULIO 2013

DIRECTOR ACADÉMICO | ERNESTO FAUBEL CUBELLS

AGRADECIMIENTOS:

A todos los que me han apoyado en este largo camino,

a los profesores de la Universidad de Alicante que me dieron la oportunidad de aprender y trabajar con ellos,

a los profesores de la Universidad Politécnica de Valencia que me abrieron sus puertas y me atendieron,

a familiares, amigos y compañeros,

y sobre todo a quienes más he hecho sufrir,

Mamá, Nuria, Fran... Gracias

INDICE

1. Introducción y justificación.....	2
1.1. Introducción.....	2
1.2. Justificación y motivaciones	2
1.3. Los Sistemas de Información Geográfica	4
1.4. Intervención en el Patrimonio Edificado	7
2. Objetivos.....	9
3. Antecedentes.....	10
3.1. Los SIG hoy día	10
3.2. Los SIG y la Intervención en el Patrimonio Edificado	11
3.3. Elección del software para la investigación y datos de partida	18
4. Estudio descriptivo.....	23
4.1. El objeto de estudio.....	23
4.2. El proyecto de intervención.....	25
4.3. Naturaleza de los datos de partida.....	30
4.4. Introducción y organización de datos.....	33
4.5. Nuevas posibilidades. Análisis de la patología con herramientas del SIG.....	35
5. Ejemplo de aplicación.....	38
5.1. Metodología	38
5.2. Resultados de la investigación	50
6. Conclusiones generales.....	53
7. Fuentes consultadas.....	55
 ANEXO: Documentación complementaria	 57

1. Introducción y justificación

1.1. Introducción

Los Sistemas de Información Geográfica (comúnmente conocidos por sus siglas, SIG, o GIS, por su acrónimo inglés de Geographic Information System) constituyen una tecnología que forma parte de un ámbito más universal, el de los Sistemas de Información, surgiendo en el contexto general de la “sociedad de información”, en la que es esencial el rápido acceso a la información necesaria para resolver problemas y cuestiones de modo inmediato.

Hoy día no cesa la búsqueda de nuevas aplicaciones para esta tecnología, por ser tan útil y versátil que permite su utilización en todo tipo de campos. Desde su aparición hasta hoy, se ha usado como herramienta para la investigación, la gestión y la documentación en campos tan dispares como la arqueología, la sociología o el marketing, entre otros muchos. Además ha ido evolucionando según las necesidades de los usuarios y los medios informáticos disponibles, estando aun lejos de encontrar sus límites.

En el campo de la arquitectura, en concreto dentro de la conservación e intervención en el patrimonio edificado, existen ejemplos de aplicación que nos demuestran su tremenda utilidad. Aun así han aparecido artículos recientes que tratan de difundir los grandes beneficios del uso de esta tecnología aplicada a la restauración¹, debido a su escasa utilización y limitada difusión a día de hoy en este campo.

Este trabajo explora los beneficios de la asociación “SIG + Intervención en el Patrimonio Edificado”, describiendo las limitaciones actuales y la metodología de aplicación en cada una de las fases de un proyecto de intervención, investigando sobre nuevas aplicaciones de esta tecnología en este campo en concreto.

1.2. Justificación y motivaciones

Este trabajo se fundamenta en el interés personal por el patrimonio edificado y por la curiosidad que despertó desde el principio saber de la tecnología SIG.

¹Por ejemplo, A.E. Seguí, C. Portales, M. Cabrelles, J.L. Lerma, “Los Sistemas de Información Geográfica: concepto, ventajas y posibilidades en el campo de la restauración”, LOGGIA nº 24-25, 2012 (pág. 122-131)

El interés personal por el patrimonio edificado queda perfectamente resumido en estas dos citas:

"El patrimonio de los pueblos se estremece de abandono. Nuestra misión es entusiasmar a las generaciones venideras para que lo amen. Si lo amamos volverá a concedernos el perdón del silencio y el perdón de la calma."

Mario Benedetti

"...no podemos considerar la arquitectura simplemente como un hecho artístico, o como una organización espacial y funcional, es también un documento de cultura material, y lo es cada una de sus partes, incluso la más pobre, que frecuentemente son sustituidas. La arquitectura es documento vivo porque una determinada organización espacial y funcional es obtenida con determinados materiales; es significativa también por el uso de esos materiales en una época y en un lugar. Debemos ser conscientes de que cada sustitución es una pérdida siempre importante y de una importancia difícil de definir..."

A. Bellini

2

El amor personal por el patrimonio edificado es el que justifica el tema sobre el que gira este trabajo. El conocimiento adquirido sobre la complejidad del conjunto que forma cualquier edificación y la dificultad que entraña la idea de intervenir sobre ella, sobre todo si se trata de un edificio de importancia patrimonial, hace despertar el interés sobre cualquier forma y método que facilite dicha intervención.

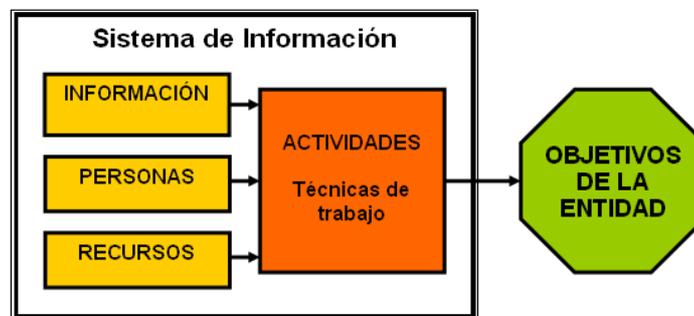
Así pues, tras saber de la tecnología SIG, se hizo la asociación automática con la intervención en el patrimonio edificado, por ser una herramienta con un alto potencial de aplicación en este campo, donde la cantidad de información a manejar a veces es desmesurada en comparación con la capacidad de su manejo y análisis. Dado que esta herramienta podría facilitar mucho todas esas tareas, era lógico pensar en explorar sus aplicaciones y sus limitaciones en este campo, teniendo la oportunidad de realizarlo en el desarrollo de este trabajo.

² Capítulo 1, Apuntes asignatura "Técnicas de intervención en el patrimonio edificado", curso 2010-2011, Yolanda Spairani Berrio, Universidad de Alicante

1.3. Los Sistemas de Información Geográfica

Como ya se ha mencionado en la Introducción, la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica forman parte de un ámbito más amplio, los Sistemas de Información, nacidos en el seno de la "sociedad de información", donde juega un papel fundamental cualquier tecnología que facilite la creación, distribución y manipulación de la información.

Un Sistema de Información lo forman elementos orientados al tratamiento y administración de datos organizados para su posterior utilización, concebidos para alcanzar un objetivo en concreto. El valor de esa información aumenta tras su tratamiento y administración, dando lugar a información más elaborada que ayuda a la consecución del objetivo marcado.



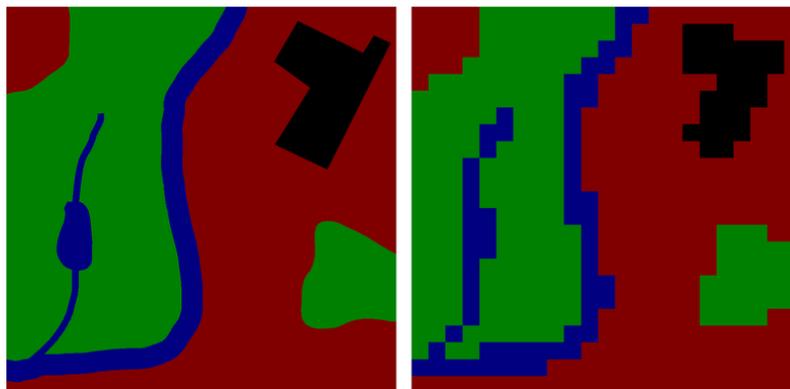
Elementos de un Sistema de Información [Fuente: Wikipedia]

En el caso particular de los SIG, son un conjunto de elementos (hardware, software, recursos humanos, procedimientos y datos geográficos) diseñados para realizar la captura, el almacenamiento, el análisis, la modelización y la presentación de datos geográficamente referenciados. El objetivo de esta tecnología es facilitar la gestión de recursos y actividades donde la componente geográfica es esencial, sirviendo así para resolver problemas de gestión y planificación geográfica. Lo consiguen gracias a que pueden enlazar elementos gráficos con bases de datos mediante un identificador común, de manera que se puede saber los atributos relacionados con un elemento gráfico al seleccionarlo, pero también se puede saber la localización de un elemento haciendo una consulta en la base de datos. En definitiva, están concebidos para manejar simultáneamente planos digitalizados y datos asociados a los mismos.

Lo esencial de estos planos digitalizados es que son una representación bidimensional de la superficie terrestre, que no tiene forma esférica perfecta. Esta representación está basada en la proyección cartográfica que elijamos, y los datos gráficos que manejemos deberán estar adaptados a ella para que la realidad se corresponda con el plano o mapa, teniendo asociado para ello un sistema de coordenadas geográficas en concreto (por ejemplo, el sistema de

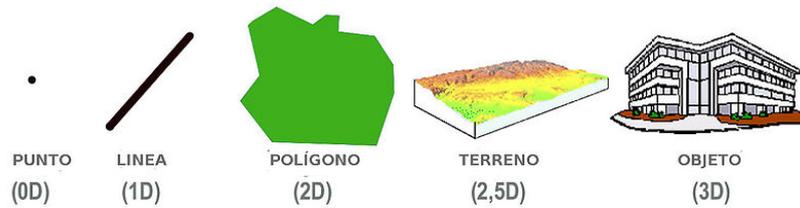
coordenadas Universal Transversal de Mercator, UTM). Así, cada elemento que se representa en nuestro mapa, tendrá unas coordenadas geográficas concretas que definirán su localización real.

La forma de almacenar la información es en diferentes capas temáticas. Esto permite realizar análisis multicriterio entre ellas, relacionando la información topológica de los objetos de distintas capas con el fin de generar nueva información que nos sea de mayor utilidad. Estas capas deben estar ordenadas para que la información se pueda visualizar correctamente. La información gráfica que contiene cada capa se puede almacenar en forma vectorial o raster. La diferencia entre ambas formas de almacenamiento es que la vectorial guarda la información gráfica como vectores, consiguiendo así una representación más precisa de la realidad; en cambio, la forma raster divide el espacio en una malla de celdas de un tamaño en concreto donde cada una almacena un valor único.



Interpretación cartográfica vectorial (izquierda) y raster (derecha) de elementos geográficos. [Fuente: Wikipedia]

La elección de una u otra forma de almacenamiento para unos datos en concreto dependerá de la naturaleza de esos datos y de las operaciones que vayamos a realizar después con ellos. Normalmente los datos continuos (como la cantidad de lluvia caída o temperatura en una zona) se suelen guardar en forma raster. Los datos discretos (como una casa o líneas de contorno) se suelen almacenar en forma vectorial, utilizando elementos geométricos diferenciados por la dimensión que expresan: el punto (0D), la línea (1D) y el polígono (2D). Hoy día se usan otros elementos geométricos para representar digitalmente la realidad, como la representación de la elevación del terreno, la curvatura terrestre y la inclusión de objetos tridimensionales. Esto facilita la realización de nuevos análisis basados en la realidad tridimensional del territorio y sus elementos, como estudios de soleamiento o líneas de horizonte.



Dimensión espacial de los datos en un SIG [Fuente: Wikipedia]

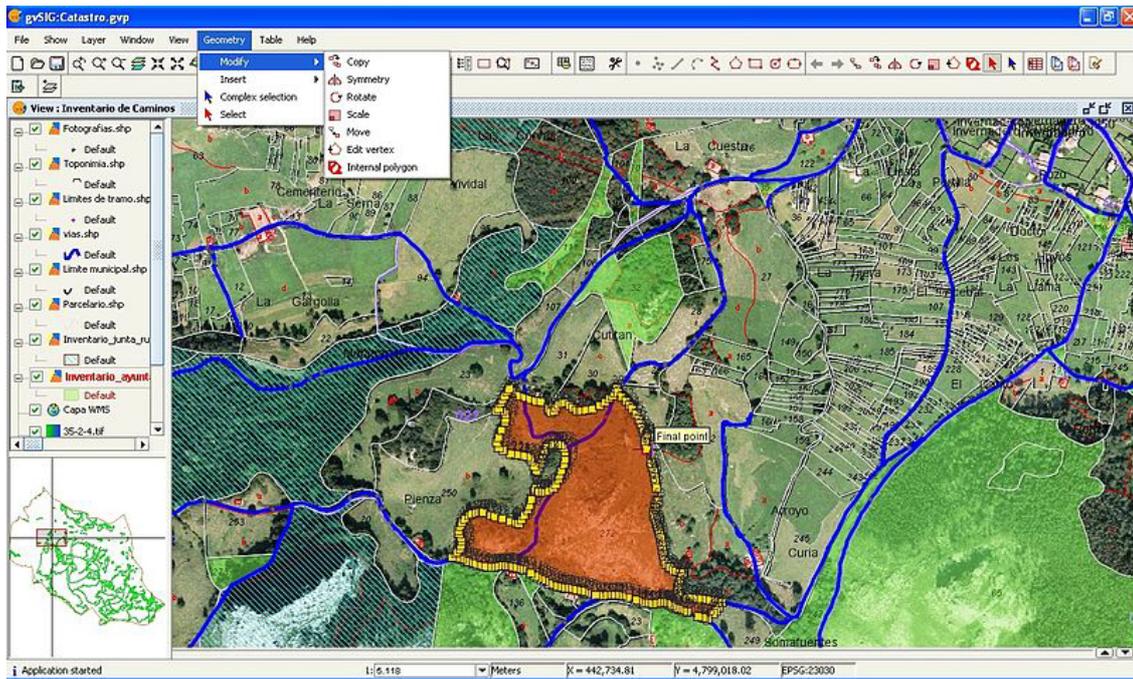
A cada elemento le podemos otorgar pues diferentes atributos que contengan la información disponible o requerida de dicho elemento, como valores numéricos, booleanos (verdadero o falso) o alfanuméricos, pudiendo añadir a cada elemento tantos campos de atributos como queramos.

Esta tecnología está en permanente evolución, yendo de la mano de los avances en informática, que propician el desarrollo de nuevas herramientas y aplicaciones que hacen cada vez más rápido y fácil el manejo de gran cantidad de datos y su correcta visualización.

El acceso general a esta tecnología lo facilitó la expansión en los años 90 de los ordenadores personales y de internet. Desde entonces, los SIG han evolucionado convirtiéndose actualmente en paquetes informáticos que implementan programas con diferentes aplicaciones. Destacan seis tipos de programas:

- SIG de escritorio: los software que se usan para crear, administrar, editar, analizar y visualizar los datos geográficos, pudiendo diferenciar dentro de estos entre los Visores SIG (software sencillo donde visualizar y agregar capas de información, Editores SIG (software orientado al tratamiento previo de la información para su posterior análisis) y SIG de análisis (software con funcionalidades de análisis espacial).
- Sistemas de gestión de bases de datos espaciales y geográficas: son bases de datos que dan soporte a objetos geográficos, permitiendo su almacenamiento, indexación, consulta y manipulación.
- Servidores cartográficos: que facilitan la distribución de mapas por internet.
- Servidores SIG: básicamente con las mismas funciones que los SIG de escritorio, pero además permite acceder a utilidades de geoprocésamiento a través de una red informática.
- Clientes Web SIG: para visualizar datos y acceder a funciones de análisis y consulta de servidores SIG a través de internet o de una intranet.

- Bibliotecas y extensiones espaciales: Añaden características adicionales al programa SIG. No forman parte del paquete fundamental, ya que pueden no ser requeridas por el usuario medio. Hay una gran variedad debido al amplio campo de aplicación de estos programas.
- SIG Móviles: usados para la toma de datos de campo directamente a través de dispositivos móviles.



Ejemplo de edición de datos con un SIG de escritorio de código abierto, gvSIG [Fuente: Wikipedia]

Las aplicaciones que podemos encontrar en el mercado pueden ser o no de código abierto, estando sujetas o no a licencia. En este campo, el desarrollo de software gratuito de uso general y versátil no está reñido con el desarrollo empresarial, ya que, para cada aplicación donde necesitemos usar un SIG, se pueden desarrollar programas de uso específico que aumenten el rendimiento y las prestaciones para el uso en concreto que le queramos dar. Por esto, podemos elegir entre un amplio abanico de posibilidades con los que realizar nuestros estudios y análisis. La elección del software concreto dependerá del sistema operativo que usemos, de las necesidades y la compatibilidad particulares de nuestros datos de partida y de los medios de que dispongamos.

1.4. Intervención en el Patrimonio Edificado

Como base conceptual se debe partir de una definición de "Patrimonio Edificado". Como tal se puede entender a cualquier bien edificado al que la sociedad le ha dado o reconoce en él

un valor cultural. Depende pues de la memoria colectiva de cada sociedad la identificación y la gestión de su patrimonio, formando este por tanto un conjunto abierto de elementos susceptible de nuevas incorporaciones.

En los documentos internacionales que sirven de base normativa en este campo, no se nombra específicamente al patrimonio arquitectónico como tal hasta bien avanzado el siglo XX (1975 - Carta europea del Patrimonio Arquitectónico). En los documentos más recientes ya se usan los términos actuales de "Patrimonio Construido" o "Patrimonio Edificado" para integrar en un solo concepto realidades tan diversas como los restos arqueológicos, edificios y monumentos de importancia singular, decoración y esculturas integradas en el patrimonio construido, conjuntos históricos en su contexto territorial e incluso los paisajes como patrimonio cultural.

La importancia de conservar este patrimonio es innegable, estando ligada su conservación con su intervención. Independientemente del grado de intervención que se requiera y la opción por la que se opte para llevarla a cabo, es necesario realizarla de forma rigurosa y científica a través de un proyecto de intervención. Además, el mantenimiento y la reparación se deben incluir como parte fundamental del proceso de conservación, teniendo que estar por ello contempladas en dicho proyecto.

Es por ello que para la correcta realización de un proyecto de estas características se necesita de un equipo de profesionales cualificados y experimentados en diferentes campos de actuación, un equipo multidisciplinar que trabaje conjuntamente para conseguir alcanzar el mejor conocimiento posible del objeto de estudio, la correcta interpretación de su patología y la correcta actuación sobre él.

2. Objetivos

El objetivo central de este proyecto es estudiar la utilidad de la tecnología SIG en el campo de la intervención en el patrimonio edificado, investigando sobre posibles nuevas aplicaciones dentro de este campo, como el uso de las herramientas de análisis de los SIG para facilitar el diagnóstico de la patología del edificio.

Así pues se estudiarán las aplicaciones ya llevadas a cabo con esta tecnología en este campo y se investigará sobre otras nuevas aplicaciones, tratando de sacar el máximo partido a esta herramienta. Para ello será necesario:

- Estudiar el marco actual, las aplicaciones conocidas hasta la fecha y las limitaciones de los SIG hoy día.
- Definir las características de nuestro objeto de estudio y la naturaleza de los datos de partida necesarios para llevar a cabo nuestro estudio y nuestra investigación.
- Describir la metodología a seguir para introducir los datos de partida en un SIG.
- Investigar sobre posibles nuevas aplicaciones que faciliten el análisis patológico (creación de mapeos, operaciones, análisis de apoyo).

Como objetivo final se pretende extraer unas conclusiones que valoren la aplicación práctica de esta tecnología. Para ello se utilizarán tanto datos de ejemplos reales de aplicación como datos de elaboración propia. Así pues se desarrollarán ejemplos prácticos para la investigación que servirán para conseguir unas conclusiones lo mejor fundamentadas posibles.

El objetivo a alcanzar en un futuro cercano es conseguir definir totalmente una herramienta de inestimable ayuda para la gestión y el desarrollo de un proyecto de intervención basada en la tecnología SIG, pero sin este paso previo no sería posible, así que este proyecto pretende también servir de base para el futuro desarrollo de esta herramienta, abriendo camino a líneas futuras de investigación sobre la aplicación de esta tecnología en este y otros campos.

3. Antecedentes

No se puede acometer ningún estudio o investigación sin analizar previamente los antecedentes existentes, por ello se va a detallar el estado de los SIG y sus limitaciones a día de hoy, describiéndose a continuación los ejemplos conocidos de aplicación de los SIG en el campo de la intervención en el patrimonio que se consideran más relevantes, debido a su cercanía con los objetivos fijados en este trabajo. Como se ha explicado en dichos objetivos, se va a usar un ejemplo práctico para realizar un mejor análisis, así que se justifica en este punto la elección de un software en concreto para realizar este testeo y se describen los datos de partida que se disponen sobre el objeto de estudio.

3.1. Los SIG hoy día

Gracias al potencial de esta tecnología y a su versatilidad, su uso se ha extendido desde su aparición a numerosos campos de aplicación, donde tratan de sacar partido tanto a su utilidad como a su capacidad para resolver diferentes problemas. Son tremendamente útiles por ejemplo para consultar información, realizar mediciones, editar datos espaciales, realizar análisis de esos datos espaciales y obtener mapas de los datos nuevos obtenidos de estos análisis. Su utilidad va más allá gracias a que pueden resolver cuestiones como predecir tendencias, detectar pautas, planificar estrategias, explicar sucesos, calcular rutas óptimas, etc.

A la hora de buscar nuevas aplicaciones de esta tecnología, se exploran sus limitaciones. Los paquetes informáticos que ofrecen las empresas que los desarrollan, contienen un limitado número de herramientas de análisis, pero gracias a la versatilidad de los SIG, se pueden implementar nuevas herramientas personalizadas para cubrir las necesidades específicas de cada caso.

En cuanto a la compatibilidad entre formatos, se busca en general conseguir la máxima interoperabilidad y reutilización de los datos entre diferentes plataformas SIG. Teniendo en cuenta la cantidad de datos que se suelen manejar con un SIG en cada proyecto o estudio, esto es de vital importancia para el mantenimiento de estos datos y para poder implementar nuevas herramientas de análisis, para optimizar el uso de los datos ya introducidos en nuestro SIG. Así pues, podemos elegir entre diferentes paquetes informáticos que son capaces de manejar gran

variedad de formatos e implementar nuevas herramientas, incluso transformar los datos de un formato a otro.

Aun así, como la tecnología existente está basada en la gestión y análisis de datos y elementos bidimensionales, tiene serias limitaciones a la hora de realizar todas las operaciones descritas anteriormente en tres dimensiones. Actualmente se estudia cómo desarrollar aplicaciones capaces de gestionar conjuntos de datos complejos tridimensionales. Un SIG completamente en 3D se enfrenta a dificultades importantes, como la gestión de geometrías 3D y su topología o cómo visualizar todo esto de una forma sencilla, pero su utilidad sería extraordinaria al aplicarla a campos donde facilitaría enormemente el manejo, la gestión y el análisis de elementos y datos con características tridimensionales, permitiendo un mejor conocimiento de patrones y fenómenos geoespaciales.

Otra frontera a la que se enfrenta esta tecnología es cómo agregar otra dimensión más, el tiempo, para conseguir representar los procesos dinámicos que ocurren en la realidad. Las ventajas que supondría este avance también son notables, ofreciendo importantes posibilidades de análisis en prácticamente todos los campos donde se aplican hoy día los SIG.

3.2. Los SIG y la Intervención en el Patrimonio Edificado

Dada la tremenda capacidad de almacenamiento, gestión y análisis de información geográfica que nos brinda el uso de la tecnología SIG, en el campo de la conservación del Patrimonio no iba a pasar desapercibida esta magnífica herramienta. Aunque su uso no se haya extendido mucho en este campo, actualmente se usa para facilitar la catalogación, gestión y análisis territorial de los bienes patrimoniales, proporcionando a las administraciones públicas una base de datos abierta y actualizable desde la que poder hacer diferentes consultas, planificar actuaciones y hacer análisis de riesgos del patrimonio edificado que se encuentre dentro de su territorio, sirviendo tanto como herramienta para la divulgación cultural y la dinamización turística como para la conservación del patrimonio.

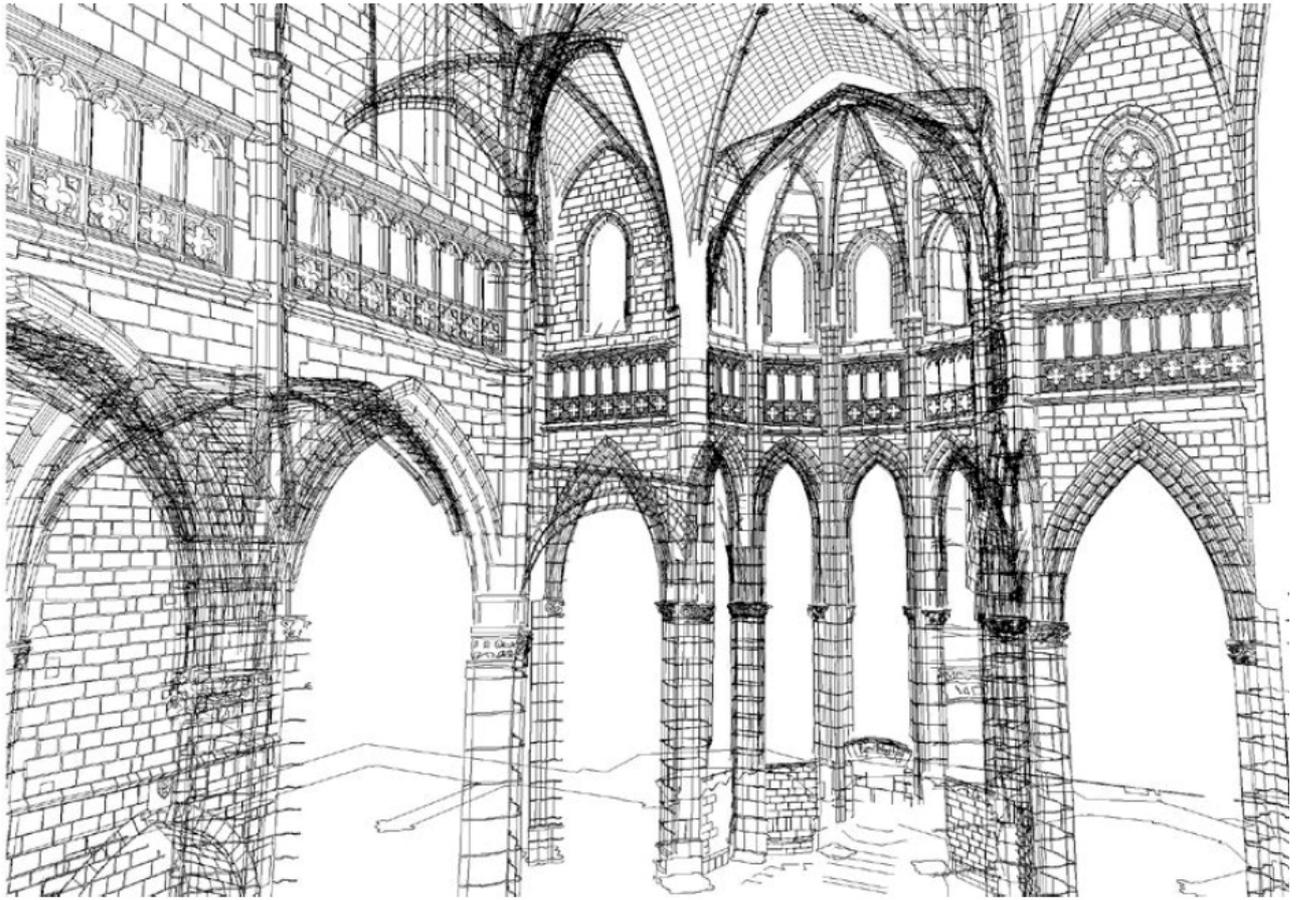
La implantación de los SIG en este campo ha requerido de una búsqueda previa de unos estándares y normas necesarias para regular la naturaleza y estructura de la información incorporada al SIG. Como resultado se pueden conseguir sistemas de información como el SIPCA (Sistema de Información del Patrimonio Cultural Aragonés), donde no solo es una herramienta muy valiosa para la administración sino que también tiene información disponible para cualquiera que quiera consultarla vía internet.

Para el caso en concreto de la planificación de la conservación e intervención de una edificación de interés patrimonial, se ha comprobado que se ha estado explorando la aplicación de la tecnología SIG de diferentes formas, adaptando las necesidades de cada caso a los medios disponibles y eligiendo las opciones más favorables según los criterios de cada estudio. Entre los ejemplos encontrados sobresalen dos por su cercanía con los objetivos fijados para este trabajo: **El Plan Director de la Catedral de Santa María de Vitoria-Gasteiz** y el **Sistema de Información Arquitectónica SIArch-Univaq** desarrollado por el grupo de investigación de la Universidad de L'Aquila, Italia.

Plan Director de la Catedral de Santa María de Vitoria-Gasteiz

El primer ejemplo es notable por varias razones: por la utilización de nuevas tecnologías, por el objeto de estudio en sí, por la cantidad de datos recopilados y por la disciplina de la arqueología de la arquitectura usada para llevar a cabo la recopilación y el registro de dichos datos, además de la participación de más de 25 equipos de trabajo en la realización del Plan Director. La peculiaridad de esta catedral (con diversas etapas de construcción, presencia de construcciones anteriores en el subsuelo de la misma, problemas estructurales alarmantes, monumento de gran importancia cultural) unida a la meticulosa metodología de documentación (típica de los trabajos basados en la disciplina arqueológica) y a la herramienta utilizada para gestionar toda la información (una herramienta bautizada como Sistema de Información Monumental), hace que sea muy útil su estudio para nuestro trabajo.

Este Sistema de Información Monumental está fundamentado en la tecnología SIG, pero usando un sistema de coordenadas local, basándose en la relación unívoca entre elementos gráficos digitalizados y datos almacenados en un sistema de bases de datos. Para la realización de los elementos gráficos usaron técnicas de restitución fotogramétrica, lo que permitía representar tridimensionalmente en un programa CAD los contornos y líneas que definen los elementos reales que forman el objeto de estudio. En este caso se usó inicialmente el Autocad 14 (posteriormente se migraron los datos a un software SIG con entorno CAD, el AutoCAD Map 3D). Para almacenar los datos que se iban a ir recabando durante los estudios previstos por los diferentes equipos de trabajo, se utilizó un sistema de bases de datos realizados con Microsoft Access, definiendo previamente la estructura y jerarquía de todos los datos a implementar.



Vista del modelo tridimensional de los muros interiores de la catedral

Las limitaciones tecnológicas de la época en la que se inició este proyecto (finales de los 90), condicionaron la elección de las herramientas y la metodología utilizada. En el caso de los elementos gráficos, eran un conjunto de líneas que definían elementos sólidos, creando un entramado transparente de difícil comprensión y manejo. Por ello fue necesaria una descomposición del modelo completo en diferentes archivos y capas, para que pudiera manejarse fácilmente con los ordenadores disponibles. Cada archivo de dibujo incluía las líneas restituidas de un elemento constructivo y se identificaba por la tipología del elemento y su posición en el espacio del edificio. Las líneas se separan en capas según su orientación geográfica y su tipología (arista, contorno, fisura, etc.). La gestión del conjunto de archivos que componen el modelo 3D se realiza directamente por designación o gráficamente mediante un plano guía simplificado en el que cada línea es una llamada a un archivo. Esto, aunque permite la creación de archivos personalizados con los elementos que queramos visualizar, complica su manejo y requiere de una clasificación y definición de cada elemento mínimo indivisible, ya que cada elemento se debía identificar con un código establecido con el que relacionar después el resto de información.

Catedral de Vitoria - Arqueología

Superficies **Depósitos** **Soluciones de Continuidad**

ELEMENTO **Ficha de elemento constructivo n°**

Yacimiento Localidad Fecha Zona

Nombre (Definición) Síntesis

Material Tamaño del bloque entre x x y x x

Junta Mortero Orientación -

Tamaño de la unidad x x Aparejo Revestimiento

Descripción

Secuencia Estratigráfica **Hallazgos** **Tallas** **Canteros** **Referencias I** **Referencias II**

Relación Temporal	Ficha N°
▶ Coetáneo a Rellenar	796
Posterior a Apoyar	599
Posterior a Apoyar	291
Posterior a Apoyar	18
*	

Periodo

Fecha

Interpretación

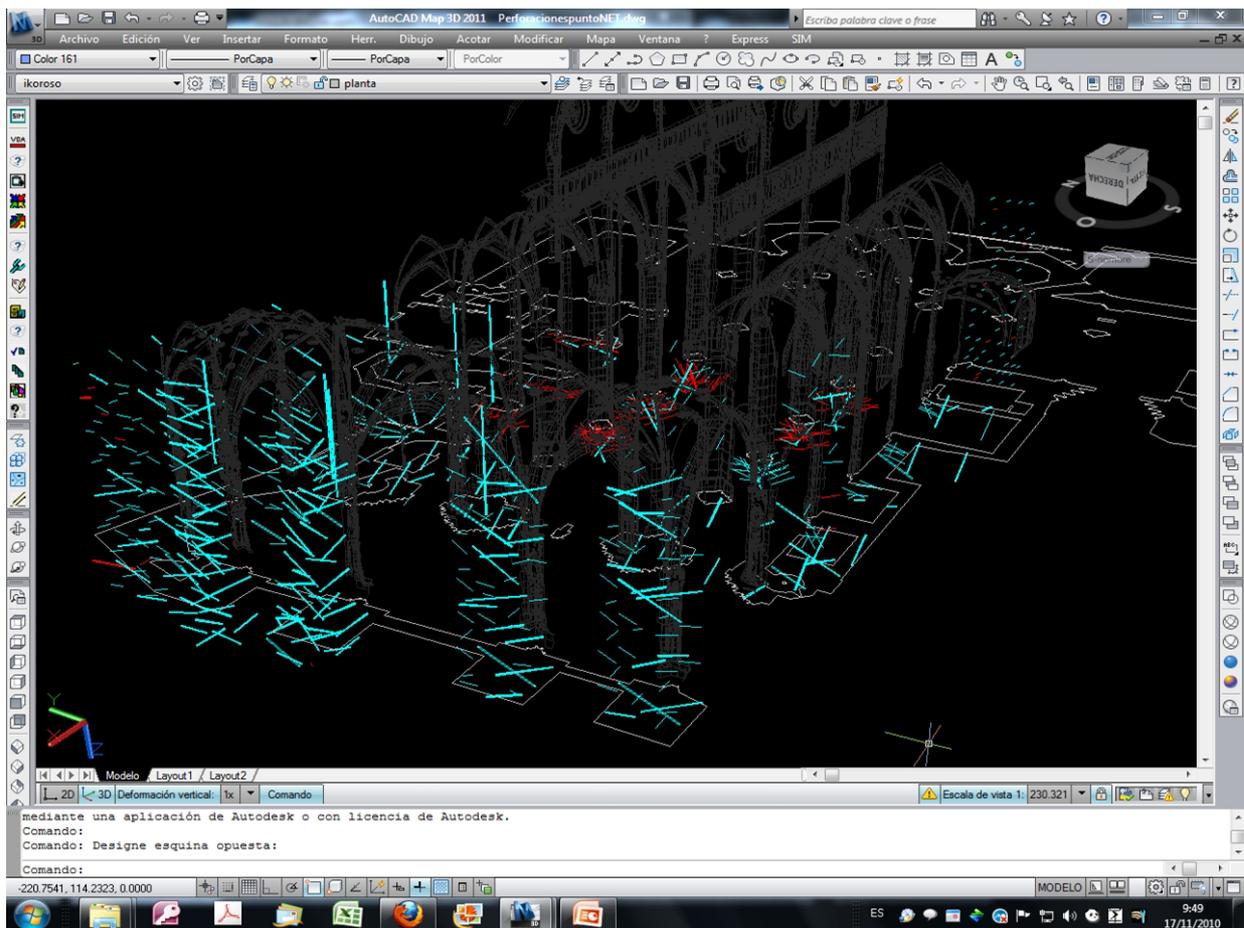
Redactor/a Revisión

Registro: de 458

Bases de datos histórico-arqueológicos

En el caso de la base de datos, se eligió la que proporcionaba una fácil implementación en todos y cada uno de los equipos intervinientes y que además era fácilmente relacionable con los elementos gráficos. También se realizaron plantillas previas para cada área de estudio, donde se especificaban los campos a rellenar con los datos obtenidos.

Todo esto proporcionaba un conocimiento completo del edificio en su estado actual y a lo largo de su historia, teniendo accesible para todo el equipo multidisciplinar toda la información registrada, permitiendo realizar consultas, mapeos temáticos y análisis basados tanto en la información recabada como en los diferentes mapeos. En este caso, el modelo 3D fotogramétrico sirvió de base para un meticuloso análisis estructural, y los diferentes mapeos, para analizar las diferentes litologías materiales y su relación con la patología del monumento. También permitía la modificación y actualización de los datos, lo que facilitó el registro y seguimiento de las intervenciones que se fueron realizando desde el comienzo de la ejecución de las propuestas de intervención.



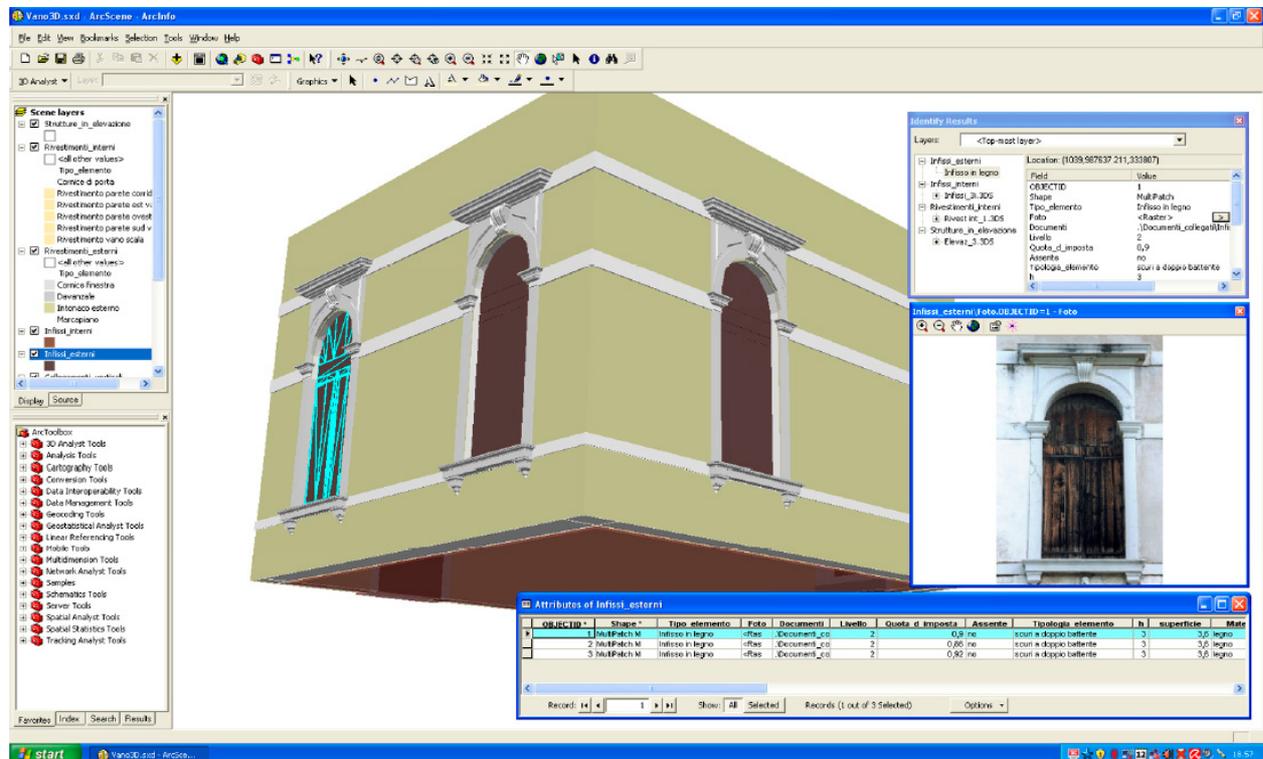
Registro de inyecciones de cal en el modelo tridimensional informático

Sistema de Información Arquitectónica SIArch-Univaq

El segundo ejemplo es el resultado de un estudio llevado a cabo por el grupo de investigación de la Universidad de L'Aquila, en Italia, publicado en 2011. El estudio se basaba en definir un procedimiento para integrar modelos digitales tridimensionales de construcciones arquitectónicas con diferentes tipos de información digitalizada implementándolo todo en un software SIG. El resultado fue el SIArch-Univaq, denominado Sistema de Información Arquitectónica (SIA) porque su objetivo era facilitar el conocimiento arquitectónico del patrimonio, al igual que su documentación, como requisito indispensable para planificar procesos de restauración, mantenimiento y gestión.

El diseño del modelo 3D lo realizan subdividiendo el conjunto total a estudiar en diferentes niveles de elementos constructivos, siguiendo un esquema en concreto para que los datos añadidos a este SIA pudieran integrarse en el Mapa de Riesgo italiano. Estos diferentes niveles de estudio son: complejo edificado (todos los elementos funcionales y formales de que conste un organismo arquitectónico independiente), edificio (cada edificio identificable dentro

del complejo), habitación individual (unidad mínima que corresponde normalmente con un espacio individual). Dentro de cada habitación individual se clasificaría y caracterizaría cada componente constructivo.



Consultando un elemento constructivo arquitectónico externo en el entorno GIS (Villa Correr-Dolfin)

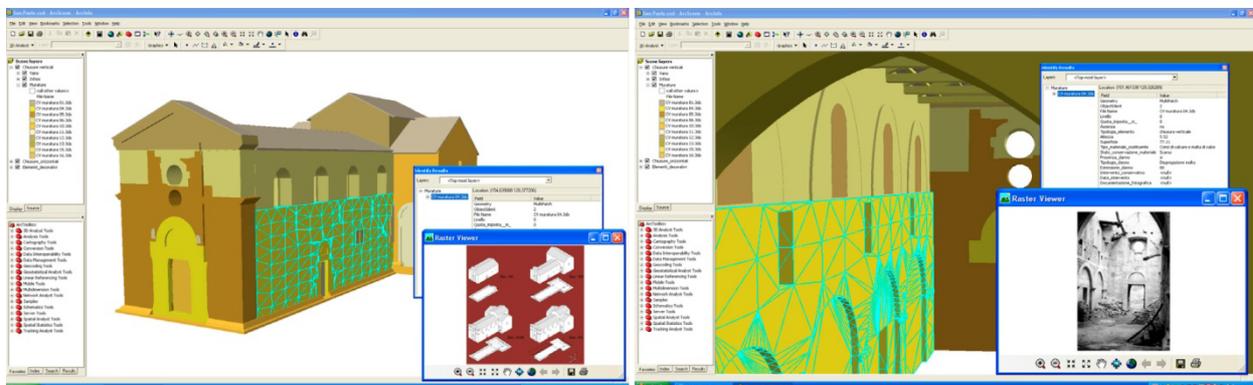
Como los SIG hoy día no permiten la fácil creación de modelos 3D, el estudio se centra en la compatibilidad de modelos creados con programas conocidos de modelado 3D a la hora de importarlos en un SIG. Este estudio define las características de la información a implementar y las funcionalidades necesarias que debe tener el SIA una vez creado. Las funciones más importantes son: visualización vectorial 2D y 3D de los elementos a escalas aceptables, individualización y cuantificación de las áreas referidas a un tema específico, consulta a la base de datos de acuerdo a un tema específico, cálculo de cantidades para planear intervenciones, valoración técnica económica para planear hipótesis, visualización de fotografías y documentos, generación de tablas evaluativas de resumen, definición de hipótesis virtuales para la restauración y exportación de datos para el planeamiento de la restauración y para estudios históricos fundamentales.

En este caso se trabaja con modelos tridimensionales georreferenciados, con un nivel de detalle igual al requerido por el número y la morfología de los elementos a consultar posteriormente, con toda la información necesaria que será útil posteriormente para el planeamiento técnico y económico, lo que proporciona una visualización y exploración de todo

el modelo en todos los niveles de detalle programados. Como cada elemento del modelo sirve de soporte para toda la información relacionada con él, se pueden hacer consultas directamente sobre el modelo para conocer características, datos históricos, información de intervenciones previas o ver fotografías del estado actual, permitiendo la realización de diferentes informes y estudios partiendo del mismo archivo.

El software SIG utilizado es el paquete ArcView de ESRI, que permite la importación de diferentes formatos de archivos 3D generados con programas como 3D Studio Max, SketchUp, VRML y OpenFlight (*.3ds, *.skp, *.wrl, *.flt), usando Microsoft Access para la relación con las características de la base de datos. Los objetos importados conservan sus características topológicas y dimensionales, así como las texturas aplicadas con el software de creación del modelo, aunque como el objeto 3D es como cualquier otra clase de entidad dentro del SIG, puede personalizarse su aspecto gráfico.

En este estudio se describen dos ejemplos de aplicación de este SIA, Villa Correr-Dolphin en Roraipiccolo (PN, Italia) y la iglesia S. Paolo en Peltuinum (AQ, Italia), usando diferentes técnicas para generar el modelo tridimensional y comparando la metodología seguida según las necesidades del objeto de estudio. En el primer caso se trata de un complejo arquitectónico que permite los 3 niveles de análisis (complejo, edificio, habitación), dividiendo el último nivel en diferentes elementos componentes (como puerta, ventana, muro, etc.), usando AutoCAD 2008 para generar el modelo 3D. En el segundo ejemplo, al tratarse solo de una iglesia, estructuran el estudio en un solo nivel, como habitación individual, distinguiendo los diferentes elementos que la componen (como estructuras de elevación, estructuras horizontales, conexiones verticales, superficies internas y su decoración, superficies externas y su decoración, elementos fijos), usando un laser escáner y software de fotogrametría digital para realizar el modelo 3D.



Consultando el modelo 3D de la iglesia S. Paolo (AQ, Italia) en entorno SIG

Demuestran así la utilidad y versatilidad de este sistema, resaltando la importancia del uso de modelos tridimensionales en un SIG capaces de conservar sus características gráficas superficiales y volumétricas, no como pasaba en el caso de la catedral de Vitoria. Esto no solo permite la realización de consultas directas sobre el modelo para diferentes fines, sino también la confección de mapeos temáticos según características concretas de cada elemento, definidas en la base de datos o sus atributos.

Sin embargo, aunque hay más diferencias entre los dos ejemplos descritos (el SIM y el SIA), en ambos casos resaltan la importancia de la representación del objeto de estudio registrando de la forma más correcta posible su característica principal, su condición tridimensional, para así poder conocer mejor su composición, funcionamiento e interrelación entre sus elementos constructivos, permitiendo también su documentación y análisis de una manera eficaz y lo más completa posible. Las limitaciones en ambos casos las ponen las herramientas usadas para su desarrollo, dando con el paso del tiempo cada vez más facilidades para alcanzar los objetivos que se requieren para sacar el máximo partido de esta tecnología en el campo de la conservación e intervención del patrimonio edificado.

3.3. Elección del software para la investigación y datos de partida

Como el objetivo central de este trabajo es explorar la utilidad de la tecnología SIG dentro del campo de la intervención en el patrimonio edificado, se pretende investigar posibles nuevas aplicaciones dentro de este campo. Para ello es necesario desarrollar un ejemplo práctico de aplicación que sirva para comprobar la utilidad de las herramientas de análisis de los SIG a la hora de facilitar el análisis patológico de un monumento.

En este punto se justifica la elección del software y se describe el objeto de estudio elegido junto a los datos de partida con los que se realizará la investigación. Hay que mencionar que las condiciones particulares en las que se desarrolla este trabajo (tiempo limitado, contenidos lo más amplios posible y desconocimiento inicial de los SIG) han hecho que, entre el amplio abanico de opciones, sólo haya sido posible probar someramente dos programas SIG diferentes antes de elegir (gvSIG 1.11 y AutoCAD Map 3D 2013), explorando las utilidades de un tercero sin tener contacto directo con él, sólo mediante consultas y videos demostrativos online (ArcGIS).

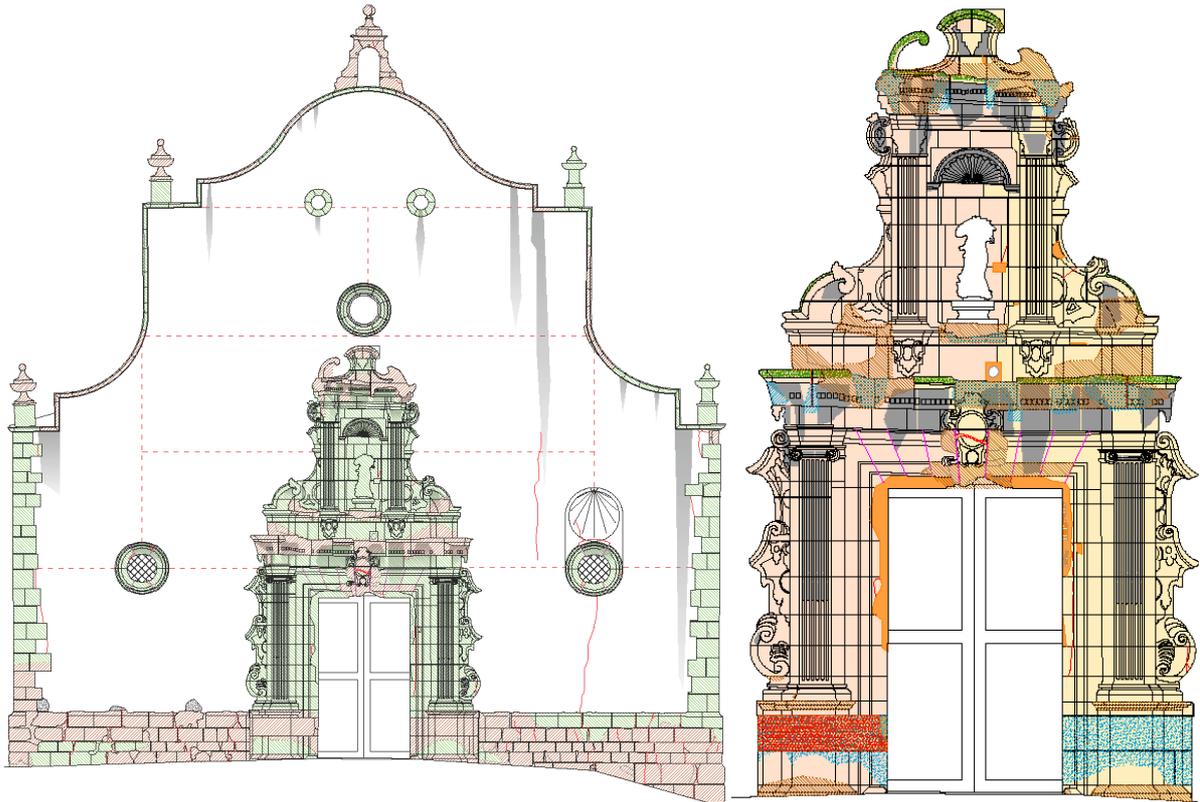
Entre los datos de partida, se dispone de planos en AutoCAD y de un modelo 3D realizado con SketchUp 8. Al intentar sacar el máximo partido de estos datos, se probó la

capacidad de manejar el modelo tridimensional con los dos programas. La primera opción fue gvSIG por ser gratuito y de fácil manejo, pero este programa necesita de una extensión en concreto para manejar modelos tridimensionales que no funcionó adecuadamente en el ordenador de trabajo, así que se optó por buscar la versión con licencia para estudiantes del AutoCAD Map 3D, ya que además de ser gratuita, permitía mejor edición de los elementos gráficos en su entorno CAD.

Se necesitó instalar la versión 2013 por no haber otra disponible para el sistema operativo del ordenador de trabajo (Windows 7 64 bits). Es con este programa con el que se realiza el ejemplo práctico para la investigación posterior, ya que aunque se consultó información sobre el ArcGIS, no se tuvo acceso a él (además la versión con licencia de estudiante no es gratuita). Sólo se tuvo acceso a la información publicada en la página oficial de la compañía que lo desarrolla, ESRI, donde se comprobó que sería una buena herramienta con la que llevar a cabo nuestro trabajo, teniendo esto en cuenta para futuros estudios y nuevas investigaciones.

En cuanto al objeto de estudio elegido para la realización del ejemplo práctico, se aprovecha la información obtenida durante el desarrollo de diferentes trabajos que se han elaborado tanto en este curso como en el curso anterior a la redacción de este documento. Estos trabajos giran en torno a la Iglesia de la Inmaculada, en Arcos de las Salinas, Teruel, donde se llevó a cabo el estudio diagnóstico de la fachada principal de dicha iglesia, realizándose el estudio previo (historia, antecedentes, geología, sismología y algunos estudios más), la toma de datos y muestras, el levantamiento de planos, el mapeo de lesiones y litología, el análisis de muestras y el diagnóstico de la patología de la fachada en cuestión.

Para el levantamiento de estos planos se usaron tanto técnicas tradicionales como topográficas y de rectificación fotográfica, para lograr representar el estado actual de la fachada de dicha iglesia. En estos planos y mapeos se diferencian las zonas alteradas de las no alteradas, las reparaciones anteriores, las diferentes lesiones identificadas y su grado de importancia. También se representan los diferentes tipos de material caracterizado gracias a las pruebas de laboratorio realizadas, usando para ello tecnología de difracción de rayos X y microscopía electrónica de barrido (SEM). Para el diagnóstico de la patología se redactaron fichas descriptivas de cada una de las lesiones identificadas, clasificándolas en movimientos estructurales (grietas, desplomes, dislocación y roturas), alteraciones de la piedra (alveolización, disolución, exfoliación, eflorescencias, biocostras), pérdida de material en juntas, desprendimientos de revestimiento, humedades y depósitos de suciedad.



Ejemplos de levantamientos y mapeos realizados de la fachada de la iglesia de Arcos de las Salinas



Vista del modelo 3D translúcido

Posteriormente se realizó el modelo tridimensional de toda la iglesia para que sirviera de base de estudio y análisis del conjunto que forman la iglesia y su torre campanario. Este modelo 3D no representa la realidad del estado actual del monumento, ya que, aunque mantiene una proporción muy similar con la realidad y consta de todos sus elementos, casi todos los planos forman ángulos de 90 grados y los arcos y superficies curvas son "ideales", sin las deformaciones que presenta el edificio en la realidad. Aun así es más que suficiente para la investigación a realizar en este trabajo.



Vista sección del modelo 3D de la iglesia de Arcos de las Salinas

Además se dispone también de una medición de la humedad superficial del zócalo de la fachada principal³, realizada con un humidímetro de superficie (Protimeter Aquant) que nos da valores de humedad en tanto por cien, tomando medidas cada 0,25 m. hasta una altura de entre 1,75 y 2,25 m.

	AP	AQ	AR	AS	AT	AU	AV	AW	AX	AY	AZ	BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG	BH	BI	BJ	
1																						
2																						
3																						
4																						
5			2																			
6	18,3	17,8	1,75	18,3	16,6	19,4	19,3	18,2	18,5	17	15,2	16,1	16,6	16,2	16,3	15,6	16,6	16,8	16,3	16,6	1	
7	18,8	21,9	1,5	17,8	17	18	15,6	18	19,8	59	20,9	19,3	64	80,4	76,7	75,8	24,8	20,2	19,8	18,3	1	
8	21,5	37,4	1,25	19,6	18,3	19,3	20,4	20,2	20,9	20,4	19,1	77,9	82,9	94,2	94,6	70,7	97,6	22,6	22,2	53	8	
9	21,7	18,7	1	21,5	21	27,4	22,8	23	22	24	20,9	90,1	79,6	97	99,9	87,1	89,2	67,7	70	61,6	8	
10	18	59	0,75	98,3	23,9	28	59	99,9	92,5	96,3	98,7	77,9	99,9	96,7	99,9	99,9	77,9	82,1	77,6	97,4	8	
11	20,9	51,6	0,5	24,4	21,5	99,9	99,9	96,4	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	86,8	85	99,9	97,7	80	92,6	89,5	8	
12	84	98,9	0,25	99,9	99,5	99,9	88,4	78,8	83,8	21,4	99,9	93,3	90,4	99,9	91,9	98	96,3	99,9	99,9	93,5	8	
13	80	92,8	0	99,9	82,1	99,9	80,8	64	87,9	70,4	54,8	94,2	84,4	99,9	83,6	76,8	93	73,8	79,9	89,2	8	
14	0,25	0	0	0	0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5	1,75	2	2,25	2,5	2,75	3	3,25	3,5	3,75	4	4,25	
15																						
16																						
17																						
18																						
19																						
20																						
21																						
22																						
23																						

Tabla Excel con la toma de datos de humedad

³ Cortesía de D. Juan Bautista Aznar Mollá, profesor de la ETSIE

De todos estos datos, los que necesitamos para realizar el ejemplo práctico son:

- Los planos de fachada, porque nos proporcionan una base gráfica sobre la que trabajar.
- El modelo 3D, para probar la forma de implementarlo y usarlo en nuestro SIG.
- Los datos de los ensayos y los mapeos de lesiones y litología, lo que nos proporciona la información necesaria a añadir al SIG para realizar nuestra investigación.
- La medición de la humedad en el zócalo de la fachada principal, lo que nos permitirá investigar cómo usar esta información y la mejor forma de sacarle partido con el SIG.

4. Estudio descriptivo

El primer paso será realizar una descripción previa de las características del objeto de estudio en general y las necesidades propias de cualquier proyecto de intervención para conocer la naturaleza de los datos a añadir al SIG si se pretende que sirva a los propósitos requeridos. De ese modo se podrán describir las características de los datos a introducir, en cuanto a su naturaleza y forma (clases de elementos y alteraciones, datos gráficos o alfanuméricos, etc.), y se podrá describir también la forma de introducirlos en el SIG para que tengan una estructura ordenada y sea posible su manejo y consulta en cualquier fase del proyecto que nos encontremos. En este punto se hace hincapié en que hay tener en cuenta que en un caso real, la estructura y forma de estos datos se debe definir entre todos los miembros del equipo multidisciplinar que vaya a intervenir en el proyecto, por lo que en este proyecto se da sólo una visión particular de esta fase en el apartado de investigación. Para terminar analizaremos las posibilidades de aplicación de los SIG en cada fase del proyecto, teniendo en cuenta los ejemplos de aplicación ya conocidos y explorando otras nuevas posibilidades mediante la investigación con unos ejemplos prácticos.

4.1. El objeto de estudio

En general, al tratarse de patrimonio edificado, la característica principal del objeto de estudio va a ser su condición tridimensional, pudiendo equipararla, cuando se trata de un edificio, con una escultura visitable en su interior. Cualquier representación de la realidad del objeto de estudio que consiga captar esta cualidad servirá mucho mejor a su propósito. Como ya se ha visto en los antecedentes, existen limitaciones a día de hoy para el desarrollo de un SIG completamente en 3D, pero las carencias de los SIG en este aspecto no han impedido que se haya explorado los beneficios de su aplicación, como han demostrado los ejemplos expuestos también en los antecedentes.

La singularidad es también una característica primordial del objeto de estudio, no pudiendo encontrar dos casos exactamente iguales, lo que implica que cada caso es único y siempre se deberá partir de cero. Sin embargo, por su condición de edificación constructiva, sabemos que nos vamos a encontrar unos materiales ordenados (con unas características intrínsecas y siguiendo un sistema constructivo), correspondiendo a una utilidad en concreto (ya sea estructural, de cerramiento, de cubrición, ornamental, de revestimiento, etc.),

colocados con una finalidad y en un momento en concreto (generando unos espacios de uso con unas condiciones de habitabilidad, sufriendo a veces diferentes intervenciones a lo largo del tiempo), llevando asociadas las instalaciones necesarias para el desarrollo del uso correspondiente. Todo ello se levantará en una ubicación en particular, con unas características propias de la zona, zona que define el entorno donde se encuentra nuestro edificio. Así pues podemos saber los elementos fundamentales que habrá que definir en cada caso, dependiendo del objeto de estudio que se trate.

Esta información puede servir de base para estructurar el modelo tridimensional y la información requerida para su estudio. Cuanto mejor definidos estén estos elementos fundamentales, mejor conocimiento tendremos del edificio. Cuanto mejor estructurado esté el modelo y la base de datos, más fácil será su manejo y comprensión. También hemos visto en el ejemplo de la Catedral de Vitoria que identificar la orientación y situación relativa de los elementos es también útil, permitiendo así realizar levantamientos y estudios selectivos según lo que se necesite.

Teniendo todo esto en cuenta, la división principal que se debería hacer es la de diferenciar el suelo sobre el que se levanta nuestro objeto de estudio, el objeto de estudio en sí y el entorno que le rodea. Dentro de cada división principal se pueden hacer subdivisiones que permitan concretar y almacenar la información que necesitemos recopilar para su posterior análisis. Por ejemplo, en el caso del entorno que rodea a nuestro objeto de estudio, puede ser necesario conocer las características de los viales que le rodean, su estado, sus modificaciones a lo largo del tiempo, su uso, las instalaciones subterráneas que discurren por ellos, la existencia de arbolado y sus características, etc. Todo ello nos puede aportar información importante a la hora de analizar la patología del edificio y su evolución, ya que es posible almacenar datos de diferentes fechas y estudiar sus cambios según el paso del tiempo en el mismo documento.

En el caso del propio objeto de estudio, aparte de las divisiones por elementos que ya hemos mencionado según el sistema constructivo que nos encontremos, la información sobre los usos de las estancias o diferentes zonas definidas por el edificio se puede almacenar en los volúmenes que encierran los elementos de la construcción. Hay casos en los que se requiere del conocimiento y análisis de las propiedades de estos volúmenes, como el caso de humedades ambientales y niveles de contaminación por ejemplo. Se puede tratar del mismo modo la información a almacenar sobre los volúmenes exteriores, lo que permitiría tanto su clasificación como su relación espacial con el objeto de estudio.

En cuanto a la información del suelo, se puede almacenar tanto la información geológica (las capas estratigráficas con su forma y composición) como los restos arqueológicos documentados, conducciones subterráneas y demás información relevante para el estudio y la documentación del edificio patrimonial.

La definición de todos y cada uno de los elementos que vaya a ser necesario estudiar no es posible realizarla antes de iniciar el estudio, ya que durante el desarrollo del mismo puede ser necesario implementar nuevos elementos o diferentes subdivisiones que no pueden ser previstas con antelación, pero sí que se puede definir la gran mayoría y establecer las pautas a seguir en caso de tener que modificar algo de la estructura inicial. Los SIG tienen la flexibilidad necesaria a la hora de modificar e implementar nuevos datos, lo que supone una gran ventaja en este tipo de trabajos.

Ya se ha mencionado que es imprescindible contar con el asesoramiento y consenso de todos los miembros del equipo multidisciplinar que participe para llevar esto a cabo. Es muy importante que la información sea entendible y manejable por todos los profesionales implicados, así que el uso de vocabulario técnico para definir ciertos elementos puede requerir incluso de un glosario o el uso de códigos y planos guía para referirse a zonas o elementos del objeto de estudio.

4.2. El proyecto de intervención

La intervención en el patrimonio responde a la necesidad de conservación de un objeto edificado de importancia cultural para la sociedad. La restauración, la rehabilitación y el mantenimiento de edificios son diferentes formas de intervención en el patrimonio edificado. Independientemente del tipo de actuación que se vaya a realizar, se debe poner en marcha mediante un proyecto de intervención, donde se desarrollan los procesos que se deberán llevar a cabo para ejecutar dicha actuación en particular, siguiendo un orden lógico necesario para llevarlo a cabo con éxito. Así pues, cualquier posible intervención debe estar fundamentada en un análisis lo más exhaustivo posible del objeto de estudio, lo que requiere un conocimiento lo más profundo posible del mismo. Es por esto que podemos dividir el proyecto de intervención en tres fases diferenciadas:

- El estudio previo: donde se recopila toda la información posible acerca del objeto de estudio (su estado actual, su historia, su composición, etc.) para tener un conocimiento sobre él y su entorno lo más completo posible.
- Análisis patológico: donde, en caso de presentar problemas que requieran de solución para asegurar su conservación, se analiza toda la información recabada en el estudio previo, buscando las causas de su patología y describiendo los procesos que ésta desencadena, explicando así las lesiones observadas en el objeto de estudio.
- Propuesta de intervención y mantenimiento: donde se proponen diferentes actuaciones, buscando solucionar los problemas puestos de manifiesto en el estudio y análisis anteriores, tras valorar su importancia y sopesar las posibles alternativas, llegando incluso a prever el futuro mantenimiento del objeto de estudio.

Las acciones que se requieren para llevar a cabo cada una de estas fases son diferentes y describiendo sus características podemos estudiar las necesidades a cubrir en cada fase para la implantación correcta de un SIG en este proceso. Se ha mencionado además que en algunos casos es imprescindible el uso de un equipo de personas con una formación tan plural y variada como sea necesario (equipo multidisciplinar), formado por profesionales expertos en diferentes disciplinas que intervienen en cada campo de actuación que se considere necesario incluir para conseguir ese completo conocimiento del estado actual de la edificación y la correcta ejecución de la intervención a realizar (arqueólogos, historiadores, arquitectos, documentalistas, aparejadores, químicos, geólogos, etc.). La gran mayoría intervienen durante la primera fase, el estudio previo, pero es necesario el asesoramiento y la participación de muchos de ellos para la redacción de la propuesta de intervención y su ejecución.

Estudio previo

El estudio previo responde a la necesidad de conocer al máximo el objeto de estudio y su entorno, desarrollando para ello todos los estudios necesarios que se puedan acometer en cada disciplina que pueda aportar información vinculada con la patología que tengamos presente.

El primer paso para poder alcanzar el conocimiento completo de la edificación dentro de este estudio previo es realizar su levantamiento gráfico. Las transformaciones sufridas a lo largo del tiempo hacen que la única realidad veraz sobre la que basar nuestro conocimiento del objeto de estudio sea el estado actual. Normalmente no tenemos acceso al diseño original de

su creador o creadores y, aunque lo tuviéramos, hay que tener en cuenta que al construirlo se pudieron realizar cambios y cometer fallos durante su ejecución (grosos y alineaciones de muros variables, paños no aplomados, materiales diferentes o discontinuos, etc.). Aun así, la comparación entre el estado actual y el estado ideal deducido o conocido aporta información valiosa en cuanto a las transformaciones sufridas y sus causas, siempre y cuando tengamos claro que esta información deberá ser apoyada con más datos y no podemos fundamentar ninguna conclusión sólo con la comparación entre lo conocido y una deducción, ya que no deja de ser una suposición.

El nivel de detalle requerido para la representación de la realidad tiene que ser el suficiente para su correcta interpretación, sin llegar a tanto detalle que entorpezca su manejo y comprensión, teniendo en cuenta también la información que se necesita obtener de esta representación. Las nuevas tecnologías permiten realizar modelos digitales tridimensionales tan detallados como queramos, mediante, por ejemplo, restitución fotogramétrica o escáner laser 3D. El uso de estas tecnologías nos facilita un registro de la realidad del estado actual del edificio, lo que supone una ventaja a la hora de conocerlo y de estudiar sus deformaciones métricamente. La posibilidad de implementar estos modelos a la herramienta SIG ya se ha estudiado en los antecedentes, comprobando que requiere de una compatibilidad y de una estructuración previa para que encaje con la base de datos y el modelo sea fácilmente importado al SIG.

Normalmente, el resultado final de todo este trabajo se plasma en planos, proyecciones planas o perspectivas que tratan de representar la realidad desde diferentes vistas de forma comprensible y clara para su posterior estudio. Sirven de registro y apoyo a las conclusiones extraídas posteriormente de su estudio. Los SIG han demostrado ser una buena herramienta para conseguir que estas representaciones sean más fáciles de obtener y de manejar, permitiendo realizar tantos planos distintos como sea necesario y cuando sea requerido, sin necesidad de variar la información disponible, obteniendo planos temáticos basados en tantos atributos como deseemos consultar (litologías, fases de construcción, estado de alteración, etc.), mediante por ejemplo simple consulta a la base de datos, solo necesitamos tener la información disponible para su consulta y análisis.

Esto requiere que los elementos gráficos y su base de datos estén preparados para almacenar la información. De esto ya hemos hablado en el punto anterior, pero aquí resaltaremos una cosa más a tener en cuenta. No solo se trata de tener una subdivisión estructurada y de tener ya previsto los atributos necesarios para almacenar la información, sino

que también necesitamos definir un orden de representación. En los SIG, la información gráfica almacenada en una capa se proyecta sobre la inmediatamente inferior, por lo que la jerarquía representativa es fundamental para visualizar correctamente la información almacenada. Este es uno de los problemas a los que se enfrenta un SIG totalmente en 3D, y lo que complica el uso y manejo de objetos tridimensionales en algunos SIG.

Durante esta fase del proyecto, la posibilidad de enlazar información externa almacenada en diferentes formatos, como fotografías y fichas, con el modelo gráfico del SIG, proporciona la creación de un solo documento desde el que consultar y manejar toda la información relevante sobre nuestro objeto de estudio. Así tenemos en un solo archivo tanto la información gráfica, los datos relacionados con los objetos gráficos mediante la base de datos, los documentos externos enlazados para su consulta y toda la nueva información extraída del análisis y la transformación de todos estos datos, de fácil consulta y modificación, formando un documento del patrimonio representado que puede servir tanto para el proyecto de intervención (y para la redacción del Estudio de Seguridad y Salud que le acompaña) como para aplicaciones posteriores, como la ejecución de dicho proyecto (registro de testeos, actuaciones y de lo realmente ejecutado), la explotación turística del monumento o estudios históricos más amplios.

Análisis patológico

Se debe tener presente que en el campo de la intervención en el patrimonio edificado, igual que en otros muchos campos, se debe aplicar el método científico a la hora de analizar los problemas que presentan. Partimos de unas lesiones y unos síntomas para dar con las causas que los generan y así poder averiguar cuál es su origen. Seguimos el proceso patológico al contrario de cómo se genera, así que cuanto más conocimientos previos tengamos del edificio a intervenir, menos posibilidades tendremos de errar en el diagnóstico de su patología. El uso de nuevas tecnologías y nuevas técnicas facilitan la obtención de más datos que nos ayudan a conseguir un estudio previo más completo. Esto implica que al principio del proyecto no tenemos por qué saber toda la tipología de datos que vamos a usar, es más, deberíamos disponer de flexibilidad a la hora de implementar nuevas tecnologías y técnicas aparte de las ya conocidas. Ya hemos visto que en los SIG no tendríamos problemas con ello, pero sí que sería conveniente tener previsto como implementar estos nuevos datos al SIG, como ya hemos comentado anteriormente.

Como se ha podido comprobar en los ejemplos de los antecedentes, un modelo tridimensional del estado actual del objeto de estudio ayuda mucho a comprender y analizar mejor los procesos estructurales que ha sufrido con el paso del tiempo. Además, los diferentes mapeos realizados con la información implementada al SIG son muy útiles para acometer dicho análisis, pero en ningún caso conocido se utilizan las herramientas propias de análisis de los SIG para ayudar a conseguir nueva información que facilite el análisis patológico del objeto de estudio. Es por ello que más adelante se investigará nuevas posibles aplicaciones de estas herramientas de análisis para valorar su utilidad.

Estas aplicaciones están basadas en el conocimiento de que se pueden realizar operaciones complejas entre los atributos de los elementos gráficos y su situación espacial relativa con otros elementos de unas características en concreto. Sabiendo que las operaciones de este tipo en un modelo tridimensional pueden tener serias limitaciones, no se debe descartar realizar la investigación en un modelo bidimensional que también ayude a valorar estas posibles aplicaciones.

Propuesta de intervención y mantenimiento

En esta fase del proyecto se definen las posibles actuaciones a realizar para asegurar la conservación del edificio patrimonial. Se deben incluir también las actuaciones de mantenimiento que aseguren una conservación más duradera y controlada.

La capacidad de recrear en el SIG virtualmente sobre el modelo tridimensional las posibles propuestas de intervención hace que sea mucho más sencilla su valoración y facilite mucho la elección de la más adecuada, ya que se pueden añadir, como hemos comentado anteriormente, mediciones de las cantidades a utilizar en la intervención en una zona en concreto y de cada material a usar, teniendo la capacidad de realizar por ello presupuestos iniciales con los que comparar diferentes propuestas.

No se debe olvidar la importancia que tiene el disponer de toda la información en un solo archivo, ya que dentro de él se podría implementar no solo la propuesta de intervención, sino también lo realmente ejecutado, teniendo así actualizado el documento con el estado actual previo y posterior a la intervención.

4.3. Naturaleza de los datos de partida

La diversidad de datos que se deben manejar en un proyecto de este tipo hace a veces muy complicada la labor de conseguir encajar todas las piezas del puzle. Conocer la naturaleza de estos datos antes de añadirlos al SIG permite tanto una mejor estructuración suya como tener prevista su representación y su almacenamiento.

Esta diversidad de datos responde a la necesidad de conocer el objeto de estudio tanto como sea posible, incluyendo su entorno y su historia, pudiendo clasificarlos según su naturaleza como **datos gráficos** (que definen el estado actual de la edificación, su relación espacial, su forma, superficies y volúmenes, su sistema constructivo, presencia de agentes de alteración como contaminación ambiental, excrementos de aves, cantidad de humedad, lesiones), **datos documentales** (historia, fotografías, fichas descriptivas) y **datos característicos** de propiedades intrínsecas y extrínsecas (extraídos de ensayos y pruebas; características físicas, tipo de material, resistencia a la alteración química).

La implementación de estos datos al SIG se lleva a cabo en cada fase del proyecto de intervención, lo que supone un continuo mantenimiento y una continua transformación de estos datos. Gracias a estas transformaciones se obtiene nueva información de utilidad para el análisis de la patología de la edificación.

Como en este trabajo se quiere explorar las aplicaciones de las herramientas de análisis de los SIG a la hora de facilitar el análisis patológico de una edificación patrimonial, es conveniente hacer una descripción previa de la posible patología a encontrar, de los diferentes tipos de lesiones mediante las cuales se manifiesta dicha patología, la forma de representarlas y las técnicas de toma de datos más habituales (mediante métodos destructivos y no destructivos) con las que obtenemos la información necesaria para analizar la patología.

Citando la definición de «Patología» de la Enciclopedia Broto de Patologías de la Construcción, *"Usaremos exclusivamente la palabra «patología» para designar la ciencia que estudia los problemas constructivos, su proceso y sus soluciones, y no en plural, como suele hacerse, para referirnos a esos problemas concretos, ya que en realidad son estos el objeto de estudio de la patología de la construcción"*, haciendo por ello más caso al texto que al título del libro, pero sea como fuere, dejando claro que el estudio de la patología abarca tanto los problemas como su proceso y sus posibles soluciones. Las lesiones son por ello la manifestación del proceso patológico, el cual puede tener su origen en algo totalmente ajeno a la lesión en sí,

pero de algún modo conectado. Por ejemplo, la tubería de agua que se rompe cerca de la cimentación de una iglesia y provoca que con el tiempo cambie la capacidad portante del suelo bajo una de sus pilastras, generando grietas en las paredes; hasta que no llegamos a localizar la causa del proceso patológico que genera la lesión, no podremos solucionar realmente el problema.

Las causas que desencadenan el proceso patológico son muy variadas, debiendo estar presente en muchos casos algún agente de alteración que desencadene el proceso, ya que en otros casos el mal diseño de la construcción o su mala puesta en obra puede ser suficiente para desencadenar un proceso patológico importante. Dependiendo de la naturaleza del material de construcción usado o de su situación y la solución constructiva adoptada, hace que influyan más o menos diferentes agentes, que se convierten en agentes de alteración cuando consiguen mermar la durabilidad o el uso de una construcción. Se pueden nombrar como agentes de alteración, entre otros, al agua, los contaminantes atmosféricos, las sales solubles, los organismos vivos, el viento, los sismos, el sol, etc.

Se puede constatar y medir la presencia de la mayoría de ellos durante el estudio previo gracias a la tecnología de hoy día, pero conseguir registrar los datos de una forma útil para saber el grado de implicación de cada uno de ellos en la patología del edificio es más complicado, por ello se sigue investigando en nuevas formas de estudio de estos agentes de alteración, siendo este uno de los propósitos marcados en este trabajo.

La representación gráfica de estos agentes de alteración se suele hacer a través de sus efectos, pero si tenemos posibilidad de representar también gráficamente y espacialmente su presencia y su medición, podemos tener información de gran utilidad para saber el grado de implicación de estos agentes en el proceso patológico desencadenado.

Sin embargo, la mayor fuente de información para analizar la patología en una edificación suele ser el estudio de sus lesiones. Las lesiones las podemos clasificar de varias formas, pero lo más común es dividir las según la tipología de sus causas, agrupándolas en tres tipos de lesiones:

-Físicas: las debidas a la presencia de agua (humedad capilar, humedad por filtración, humedad accidental, humedad por condensación), las producidas por la erosión de los agentes atmosféricos (como la lluvia y el viento) y las producidas por los depósitos de suciedad (manchas por ensuciamiento o lavado).

-Mecánicas: las debidas a deformaciones de los elementos (por dilatación/contracción, por exceso de cargas), la rotura de los elementos (grietas y fisuras), los desprendimientos ocasionados (debido a las roturas o a la pérdida de adherencia de los elementos) y la erosión mecánica producida por esfuerzos mecánicos como golpes o roces.

-Químicas: las producidas por la precipitación de sales (eflorescencias), las debidas a procesos de oxidación-corrosión (roturas, ensuciamiento), las causadas por la erosión química en algunos materiales (costras de sulfín o calcín) y las que tienen su origen en procesos bioquímicos (biocostras).

La diversidad de lesiones que podemos identificar dentro de estos tres tipos es muy variada, debido a la amplia cantidad de materiales que se pueden utilizar en la edificación y a la diversidad de unidades constructivas posibles, no existiendo una clasificación unificada. Además normalmente hay lesiones que van asociadas a otras, siendo origen principal o secundario de ellas. Pese a ello, se debe definir las características principales y la forma de representar cada una de las lesiones que se identifique, para que se pueda efectuar correctamente su posterior análisis. Estas características nos dan por ejemplo información del grado de alteración del elemento, del desarrollo de la lesión, de sus dimensiones y de si son consecuencia de otras lesiones (como humedades por filtración debidas a grietas producidas por movimientos estructurales).

Se podría decir que todas las lesiones se pueden representar gráficamente, ya que se manifiestan en la superficie del elemento afectado, formando zonas de alteración definidas por su contorno, con diferente grado de alteración (como el daño provocado por la precipitación de sales) o adoptando formas lineales de alteración (como las grietas).

Para poder estudiar tanta variedad de lesiones, es necesaria una representación clara y eficaz que resulte de fácil comprensión. Normalmente las formas de representación se eligen bajo criterios subjetivos, habiendo diferencias entre distintos trabajos, pero también existe normativa que intenta aunar criterios en este aspecto para facilitar unas reglas y formas de representación para cada lesión⁴. De todos modos, como lo importante es la capacidad de manejo y análisis de esta información, usar un SIG para ello supone una gran ventaja, ya que, además de permitir una personalización total de la forma de representación, también facilita su manejo inmediato y su comparación con cualquier otro dato de que se disponga, como los agentes de alteración presentes, la tipología del material y su topología. El alcance de su utilidad en este aspecto se intentará evaluar en la investigación posterior de este trabajo.

⁴ Norma 1/88 del CRN italiano

Parte de la información recopilada sobre los agentes de alteración y las lesiones que provocan proviene de la inspección visual directa, pero la importancia de la medición de todas las características posibles es indudable. Existen diferentes procedimientos que permiten medir tanto las características de los materiales como de los agentes de alteración. Se suelen diferenciar en procedimientos destructivos o no destructivos, dependiendo si es necesario o no extraer muestras de gran tamaño del material para medir sus propiedades y características. La naturaleza de los datos conseguidos dependerá del método utilizado, pudiéndose obtener tanto datos numéricos como gráficas o fotografías temáticas.

Los avances en la tecnología apuntan hacia el empleo de procedimientos no destructivos para que sea posible conseguir mediciones de forma rápida y fiable de las características y propiedades necesarias. El caso por ejemplo del análisis con cámara termográfica nos proporciona valiosa información, si sabemos interpretarla y manejarla. También se puede medir la cantidad de humedad superficial de un paramento o la humedad ambiental en una zona en concreto. Los datos obtenidos con estas técnicas requieren de una representación y un análisis diferente en cada caso. Si queremos implementarlos a un SIG y que sean de utilidad hay que estudiar previamente como hacerlo, de manera que sea posible relacionar estos datos con toda la información que ya tengamos del objeto de estudio. Conseguir una comparación conjunta de toda la información es el objetivo, para permitir realizar un análisis completo de la patología de la edificación desde una sola herramienta.

4.4. Introducción y organización de datos

La colaboración multidisciplinar necesaria para el desarrollo de un proyecto de intervención, requiere de una buena coordinación entre sus miembros para facilitar el intercambio eficaz de información entre los grupos de profesionales de las diferentes disciplinas que intervengan. Lo que permite la implantación en este proceso de un SIG es facilitar el manejo y la consulta de toda esa edición, permitiendo añadir nueva información de forma ordenada, editar la ya existente o eliminar la que no sea necesaria. En estos programas se pueden crear cuentas de usuario con diferentes privilegios a la hora de manejar y editar esa información, teniendo así el control de quién puede modificarla y quién aprueba definitivamente la modificación para que forme parte del archivo a utilizar. Esto facilita también la incorporación de información de dudosa utilidad o poco fiel que requiera de una posterior supervisión y comprobación para su definitiva implementación.

Los SIG permiten almacenar la información de varias formas: elementos gráficos referenciados a un sistema de coordenadas (vectoriales o rasterizados), valores alfanuméricos y booleanos asociados a ellos mediante una base de datos relacional unívoca y enlaces a archivos externos y a direcciones web.

Es imprescindible que se estudie la forma de añadir y almacenar cada clase de información antes de su implementación en el SIG. Cada caso es único y tanto las características del objeto de estudio como las condiciones particulares en las que se vaya a realizar el estudio o proyecto condicionan la forma de llevar a cabo esta labor. Puede que haya datos que se tengan que elaborar y otros que ya estén elaborados y sólo requieran de su correcta importación. Además, es muy importante que toda la información que se maneje sea entendible por todos los que trabajan con ella, para que no haya lugar a malinterpretaciones o confusiones por manejar términos ambiguos o desconocidos. Ya se ha apuntado la posibilidad de crear glosarios técnicos o mapas guía para el caso de usar códigos para definir elementos.

Por ejemplo, en cuanto a los datos gráficos, sería conveniente evaluar diferentes tipos de sistemas de coordenadas para usar el más idóneo en cada caso, definir el nivel de detalle y precisión que tendrán cada uno de los elementos gráficos a representar (según la escala a utilizar por ejemplo) y definir el orden de representación y su estilo de representación para que sea fácil entender y manejar estos datos gráficos. La forma de captura de estos datos gráficos también define la forma de implementarlos. Ya se ha mencionado la conveniencia de utilizar un modelo tridimensional que represente el estado actual del objeto de estudio, pero puede que esto complique su manejo para el caso concreto en el que se esté desarrollando el trabajo y sea suficiente con la representación bidimensional en plantas, alzados y secciones. La forma de organizar los elementos será diferente, aunque las relaciones con la base de datos no lo sean tanto.

En cuanto a la información a añadir a la base de datos, normalmente hay que elegir entre tres clases de atributos: numéricos, booleanos y alfanuméricos. Para los primeros sería necesario definir su precisión en cada atributo donde se vaya usar esta clase de almacenamiento de información (cantidad de dígitos y decimales). Los booleanos son datos binarios de verdadero/falso – si/no, que son idóneos para definir campos simples de presencia o no de ciertos atributos en el elemento. Para los atributos donde sea necesario introducir los datos de forma alfanumérica, hay que definir previamente en cada atributo la cantidad de caracteres que contendrá como máximo, basándonos en la forma que tendrá la información a introducir (código de identificación, dirección web, tipo de material, etc.). En este momento es

cuando se tendría que discutir el vocabulario y la forma que tendría cada variable de cada atributo, para que sea entendible por cada componente del equipo de trabajo.

Toda esta información debe encajar con la estructura de almacenamiento elegida, haciendo coincidir la división gráfica con dicha estructuración. La división en niveles partiendo del conjunto general del complejo arquitectónico hasta llegar a la unidad mínima espacial de habitación individual que usan en el ejemplo del SIArch-Univaq, es una base lógica por la que empezar, pero no permite definir correctamente la pertenencia de los elementos que delimitan dos o más zonas individuales a menos que se integren en cada habitación las caras del elemento que en ella recaigan, quedando el elemento subdividido no solo en sus caras, sino también en sus niveles si los tuviese. La división constructiva de elementos estructurales y no estructurales puede que sea la más adecuada, pero requiere de subdivisiones para definir los elementos contenidos dentro de otros elementos (cubierta nave central / estructura de cubierta / cerchas, viga de cumbrera y arriostramiento, cubierta nave central / cubrición / tableros y teja), partiendo de lo general hacia lo particular, hasta llegar al nivel de detalle que sea necesario para definir los elementos que sea necesario conocer. Como se puede ver, no es una tarea sencilla elegir una estructura de división sin saber las características concretas del objeto de estudio, las cuestiones que va a tener que ser capaz de responder y la información que va a ser necesaria almacenar.

Ya se ha comentado además que no se puede prever toda la tipología de datos a implementar en el SIG al inicio del proyecto de intervención, así que será necesario que se estudie también por parte del equipo multidisciplinar la forma de añadir la nueva información y adaptarla a la ya existente sin que interfiera con ella. La estructura elegida para el almacenamiento de datos y la subdivisión en elementos del objeto de estudio debe permitir la implementación de esta nueva información.

4.5. Nuevas posibilidades. Análisis de la patología con herramientas del SIG

La posibilidad que tenemos hoy día de utilizar técnicas que nos permitan capturar el estado real de una edificación y manejar la información digital para poder realizar diferentes análisis con ella, es una gran ventaja a la hora de estudiar sus problemas y de proponer posibles soluciones. Gracias a la tecnología SIG, capaz de implementar toda la información que requiere ese estudio en un solo archivo, se puede hacer un mejor uso de ella, proporcionando no solo la capacidad de estudiar y analizar el patrimonio edificado, sino para formar en sí mismo un documento consultable del propio objeto de estudio.

Este trabajo tiene el objetivo de comprobar las posibles aplicaciones de la tecnología SIG dentro del campo de la intervención en el patrimonio, investigando en este apartado nuevas posibilidades de aplicación de las herramientas de análisis de los SIG para facilitar el análisis patológico del patrimonio edificado. Se describen aquí de forma teórica estas posibles aplicaciones y posteriormente se desarrolla un ejemplo práctico para evaluarlas mejor, usando para ello unos datos de partida ya definidos en los antecedentes.

Los SIG incorporan potentes herramientas de análisis espacial que se han ido desarrollando durante el último medio siglo, concebidas para poder realizar complejas operaciones con la información introducida en él y así obtener nueva información más útil que la original. Estas herramientas pueden, por ejemplo, reconocer y analizar las relaciones espaciales que existen entre los elementos gráficos que almacena (proximidad, inclusión, conectividad y vecindad) facilitando los análisis de áreas de influencia, pueden combinar por superposición varios conjuntos de datos espaciales (puntos, líneas o polígonos) y crear otro nuevo conjunto de datos mediante operaciones algebraicas (suma, intersección, diferencia) que mantenga las cualidades que se quieran conservar de los conjuntos usados para la operación, y pueden crear mapas temáticos mediante una simple consulta de un atributo en particular dentro de una capa en concreto.

De todas las posibles aplicaciones que se podrían imaginar de estas herramientas a la hora de facilitar el análisis de la patología de una edificación, en este trabajo se exponen dos posibilidades claras:

Análisis topológico: La información adquirida de los elementos constructivos alterados se puede comparar con la información introducida de los agentes de alteración y de las lesiones producidas, permitiendo identificar gráficamente tanto la influencia de cada alteración en cada elemento como la implicación del agente de alteración que la desencadena. Esto permitiría por ejemplo la localización inmediata de las clases de material que presenten mayor debilidad a un tipo o agente de alteración en concreto, permitiendo así prever futuras alteraciones en otras zonas o plantear intervenciones más concretas.

Análisis cuantitativo: Junto al análisis topológico realizado gráficamente, se puede realizar un análisis cuantitativo que permita conocer cantidades (superficiales o volumétricas si la información de partida lo permite) y porcentajes de cada tipo de

alteración relacionadas con cada clase de material o calcular la correspondencia entre las áreas afectadas por una alteración concreta y la presencia de un agente de alteración particular. Esto complementa el análisis topológico y permite realizar comprobaciones estadísticas que verifiquen el factor de implicación de cada agente de alteración con cada lesión o material, facilitando también la medición de superficies alteradas a reparar que se puede usar después en la fase de propuesta de intervención para calcular cantidades de material necesario para intervención y su presupuesto.

En el ejemplo desarrollado a continuación se investiga la utilidad de las dos clases de análisis, describiendo la metodología a seguir al añadir y preparar los datos de partida para que sean útiles para el propósito final.

5. Ejemplo de aplicación

En este apartado se va a detallar la metodología seguida a la hora de crear un ejemplo práctico, donde se puedan evaluar las posibilidades teóricas de aplicación de los SIG al análisis patológico descritas en el punto anterior, para posteriormente exponer los resultados de esta investigación. Se usa como software SIG el AutoCAD Map 3D 2013 versión estudiante, junto a los datos de partida correspondientes a la Iglesia de la Inmaculada de Arcos de las Salinas, en Teruel, ya descritos anteriormente.

5.1. Metodología

La primera fase es la implementación de los datos de partida. Como se dispone de un modelo tridimensional del objeto de estudio, lo primero a evaluar es su compatibilidad con nuestros objetivos, es decir, si permite su descomposición en elementos clasificables que puedan almacenar la información requerida y si permite analizar esta información con las herramientas disponibles en el SIG.

El modelo tridimensional creado con SketchUp 8 se guarda normalmente en formato .skp, un formato que no es compatible con el SIG utilizado, pero el modelo se puede exportar como .dwg, archivo de AutoCAD compatible con el SIG. Aunque la importación del modelo al SIG es posible de esta manera, el principal inconveniente es que el modelo no se creó estructurado según las necesidades de clasificación requeridas para su uso en el SIG, por lo que requeriría de una edición previa para usarse como base para nuestro ejemplo. Aun así, las características de los elementos que componen el modelo (mallas policara) no permiten consultar el valor de su superficie directamente. Para solucionar estos problemas y adaptar el modelo para que pudiera usarse en el SIG, se necesitaría de más tiempo del que disponemos, optando por no utilizar el modelo 3D en este caso, dejándolo para una posterior investigación con otro software más propicio.

Sin embargo, se lleva a cabo una comprobación previa de la capacidad de realizar operaciones de análisis con elementos tridimensionales antes de empezar a implementar la información. El resultado es que el uso de capas con elementos geoespaciales requiere que sus elementos estén definidos en un mismo plano, a lo sumo con la componente Z que exprese su posición en este eje. Así pues, no nos permite crear superficies curvas o con variación de la

planeidad dentro de la misma capa, con lo que no podríamos realizar operaciones de análisis sobre estos elementos. Se deja por ello para futuras investigaciones la comprobación de si es posible realizar estas operaciones con otros programas y su valoración.

Aunque el análisis tridimensional no sea posible en este caso, se puede evaluar perfectamente la utilidad de las herramientas de análisis del SIG usando planos bidimensionales. Por tanto, se procede a implementar la información previa necesaria, que para este ejemplo consta de:

- Alzado de la fachada principal
- Alzado con identificación de intervenciones anteriores
- Alzado con identificación de lesiones generales
- Mapeo del zócalo
- Medición de humedad

Se caracterizó sólo la piedra que estaba alterada y a la que se tuvo acceso, por lo que no se tiene información litológica de la portada de la fachada.

Como sólo se dispone de información útil para la investigación de la parte del zócalo, la estructura de los datos se va a simplificar al máximo, centrándose sólo en este elemento. Antes de crear la estructura de los datos, se analizan las características de la información de que se dispone.

Datos gráficos

- Forma del zócalo y sus elementos dibujados según su estado actual.
- Superficie y localización de uno de los agentes de alteración (cristalización de sales).
- Delimitación entre las zonas alteradas y las no alteradas (también de la falta de mortero en las juntas)
- Localización de las reparaciones efectuadas a lo largo del tiempo.
- Situación de las grietas y fisuras, distinguiendo también las grietas que discurren por las juntas de los sillares.

Datos documentales

- Fichas de identificación de cada lesión, con su descripción, localización y fotografías.

-Información sobre la composición constructiva (zócalo de dos hojas, interior de mampostería y exterior de sillar), grosor (alrededor de 0,4 m.) y orientación del elemento (mirando hacia el Sur).

Datos característicos

-Caracterización de las clases de materiales: los de reparación (mortero de yeso, dos tipos de morteros de cal y reparaciones con material en mal estado, como cemento, ladrillo y alquitrán), los sillares (dolomía de dos colores diferentes con alteración similar) y mortero de unión (mortero original de yeso)

-Color de los sillares alterados (dos clases principales, color pardo y color blanquecino)

-Clases de alteración que presenta cada sillar (alveolización, exfoliación/rotura mecánica, disolución/erosión). Normalmente sólo aparece una clase de alteración en cada sillar, pero hay algunos que presentan más de una.

-Grado de alteración para cada clase de alteración, distinguiendo tan sólo entre dos niveles, poco alterado y muy alterado.

-Datos de una medición de la humedad del zócalo. Habrá que conseguir una representación gráfica de estos datos para que puedan analizarse junto al resto de información.

Una vez analizada la información, se puede crear una estructura organizativa de la misma. Se divide en capas con diferentes atributos que servirán para definir las propiedades de sus elementos y poder realizar distintas operaciones de análisis y distintos mapeos con ellos.

Capa	Atributos								
Zócalo	id	orientación		Nº hojas		composición		espesor	
	Alfanum.	Alfanum.		Num.		Alfanum.		Decimal	
Sillares	id	material	color	alterado	Lesión	G.A.L1	G.A.L2	G.A.L3	
	Alfan.	Alfanum.	Alfanum.	Booleano	Alfanum.	Num.	Num.	Num.	
Reparaciones	id				material				
	Alfanumérico				Alfanumérico				
Juntas	id				profundidad				
	Alfanumérico				Decimal				
Falta de juntas	id				profundidad				
	Alfanumérico				Decimal				
Eflorescencias	id				tipo de sal				
	Alfanumérico				Alfanumérico				
Grietas	id				importancia				
	Alfanumérico				Alfanumérico				
Humedad	id				% humedad				
	Alfanumérico				Decimal				

El atributo "id" se crea para identificar cada elemento, si fuera necesario, con algún código o nombre para distinguir cada elemento de la capa. Los campos decimales son como los numéricos pero especificando la cantidad de dígitos a la derecha de la coma. Los atributos definidos como L1, L2 y L3 son para los 3 tipos de lesiones identificadas según los datos de partida:

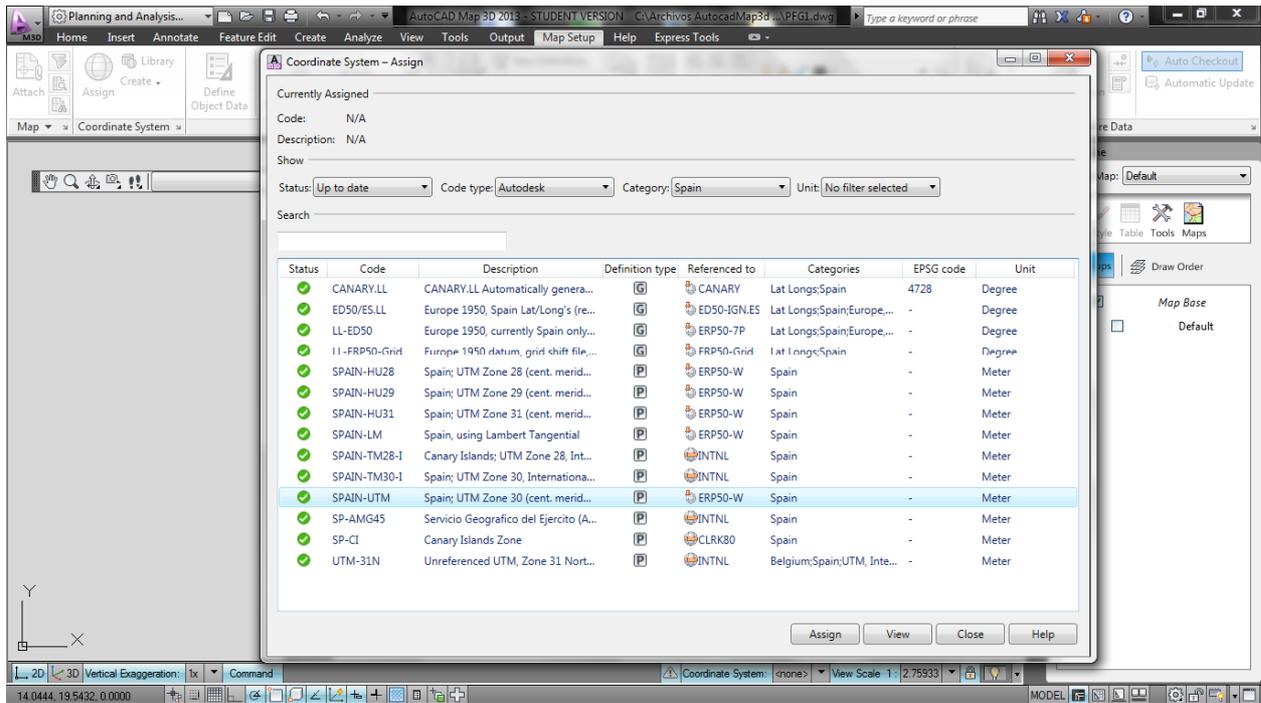
- L1: alveolización
- L2: exfoliación/rotura mecánica
- L3: disolución/erosión

Los atributos G.A. corresponden al grado de alteración de la lesión en particular a la que se refiera. El grado de alteración se puede definir numéricamente:

- 1: poco alterado
- 2: muy alterado

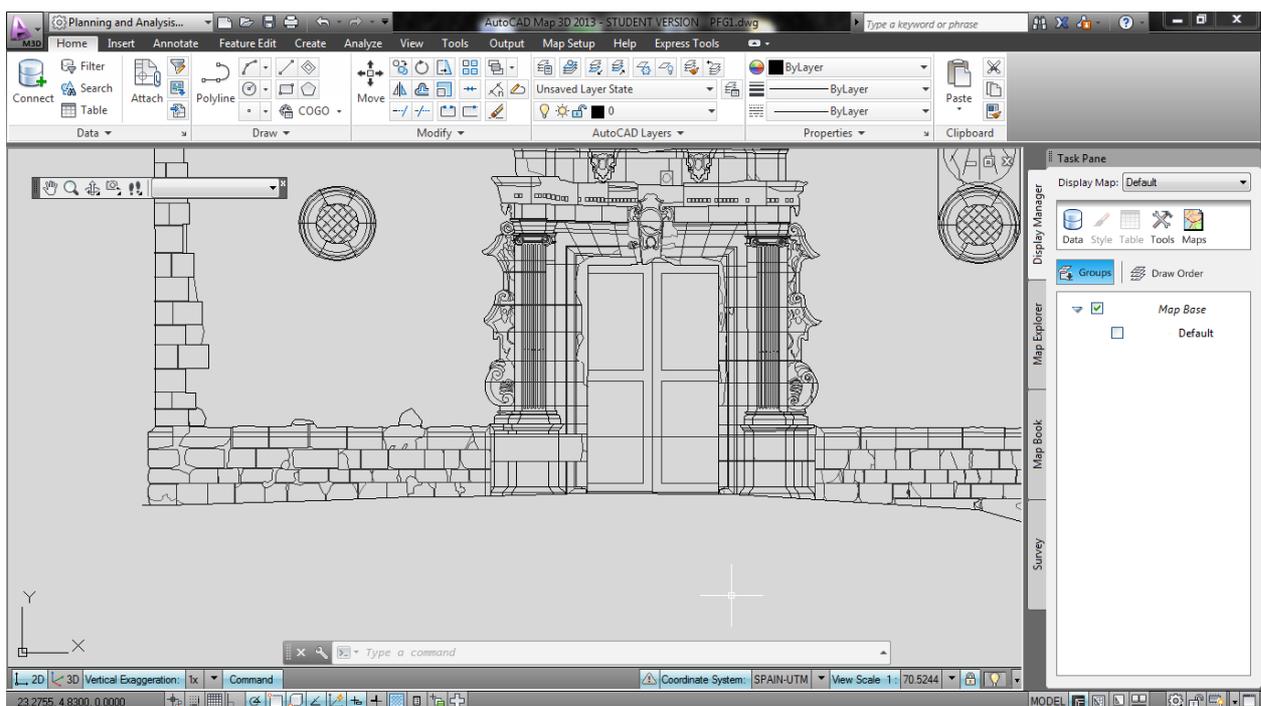
Las características geométricas como la superficie del sillar, de alteración, de reparaciones y de cualquier otro elemento poligonal, se puede calcular posteriormente automáticamente con el SIG y añadir las como atributo, al igual que la longitud de una grieta. La capa de "juntas" se puede generar en el SIG como diferencia entre la capa "zócalo" y las capas "sillares" y "reparaciones". La importancia en las grietas es para definir si afecta a todo el elemento o solo es superficial (grieta o fisura), así no hace falta hacer 2 capas diferentes para diferenciarlas. Los datos de humedad los introducimos en una capa de puntos dibujados en los puntos concretos de la toma de datos. De esta forma no nos sirve de mucho, así que se pretende crear posteriormente una superficie a partir de los valores de cada punto. Esto permite representar las zonas que estén dentro de unos rangos definidos, como curvas de nivel.

Después de crear el documento con el que se va a trabajar en el SIG, se debe elegir un sistema de coordenadas geográficas, ya que sin él, no se pueden hacer algunas operaciones con el programa. En este caso, como no importa el sistema de coordenadas que se use, se puede elegir cualquiera, pero se escoge el que serviría en caso de necesitar georreferenciar algún elemento (Spain-UTM).



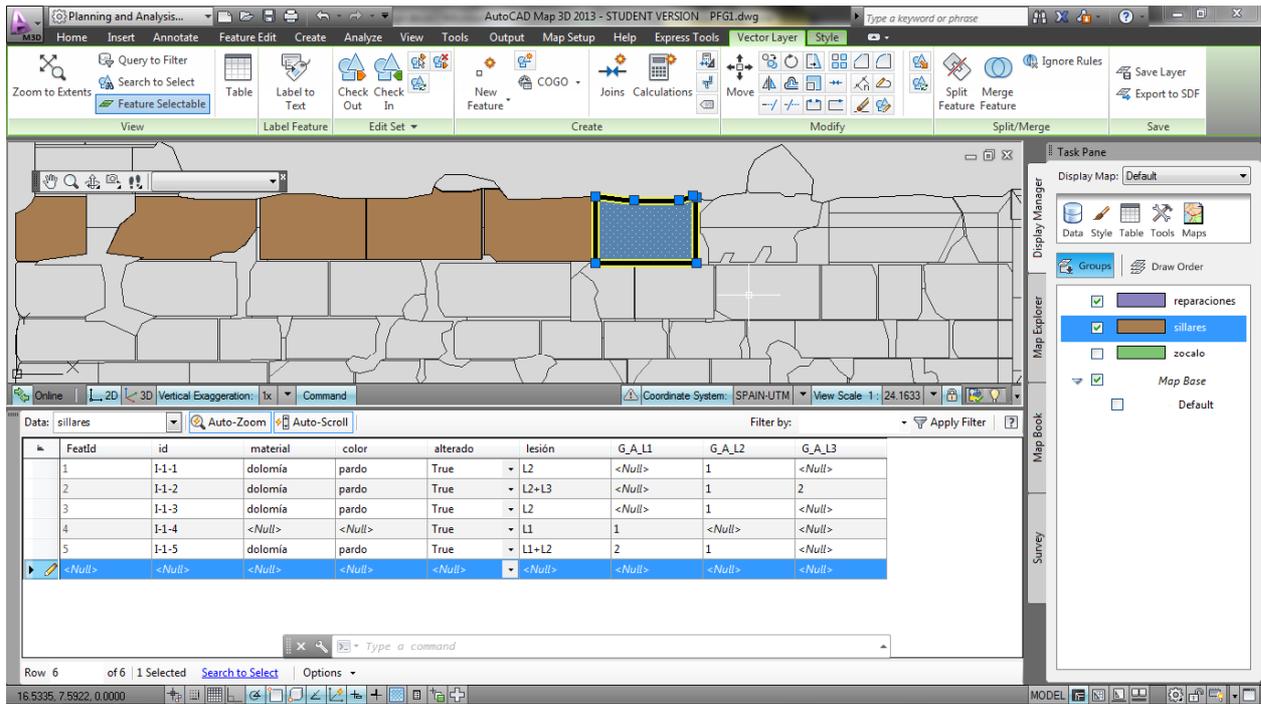
Menú de selección de Sistema de Coordenadas

La importación de los datos gráficos es fácil gracias a la compatibilidad del entorno CAD entre los planos de partida y el SIG. Simplemente seleccionando los elementos del dibujo original que queremos importar y copiándolos al portapapeles, se pueden pegar en el documento creado con el SIG conservando las características originales, como elementos de dibujo CAD. Los datos gráficos que importamos son los del plano de la fachada principal.

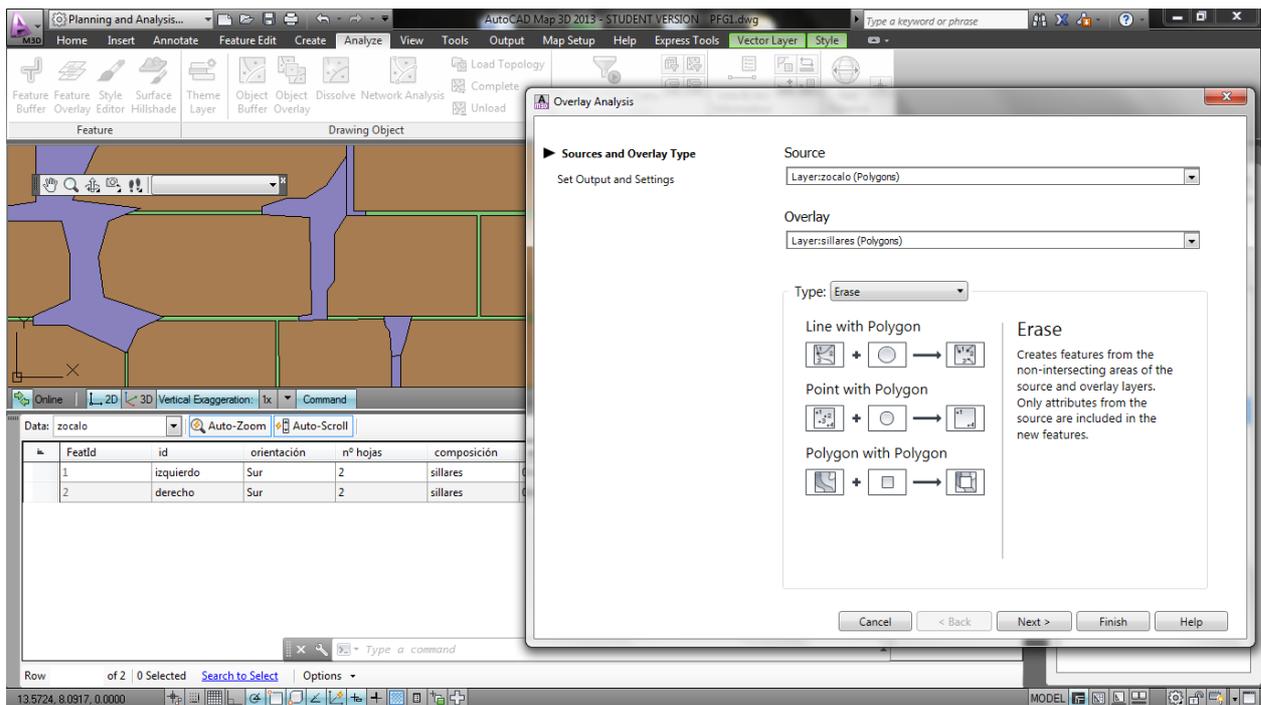


Dibujos de base de datos previos insertados en el SIG

Las capas de dibujo son diferentes a las capas con información geográfica, así que se procede a la creación de estas capas siguiendo el esquema descrito anteriormente, añadiendo tantos atributos como necesitemos y con las características mencionadas. Una vez creadas las capas, se puede empezar a crear elementos para cada capa, introduciendo los datos de los atributos. Se dibujan fácilmente sobre los elementos gráficos importados. La capa "Juntas" se crea como se ha mencionado anteriormente, ahorrando tiempo con ello.

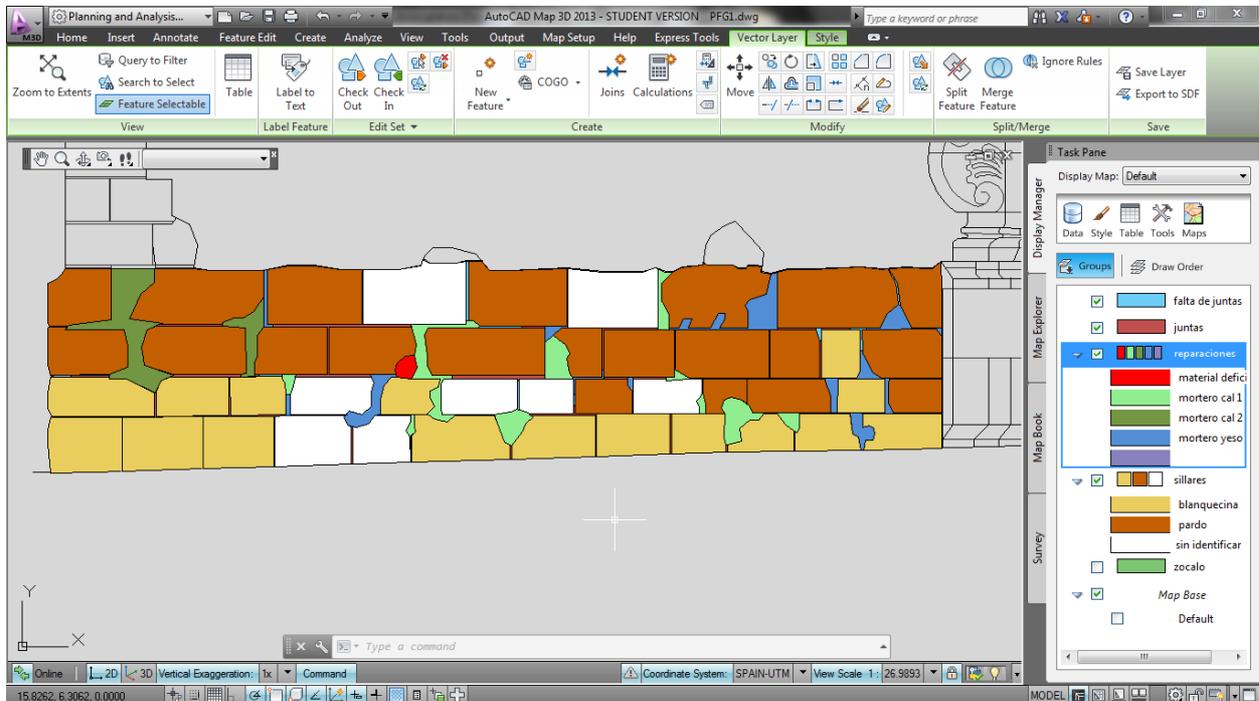


Creación de elementos por capa sobre la base del dibujo importado



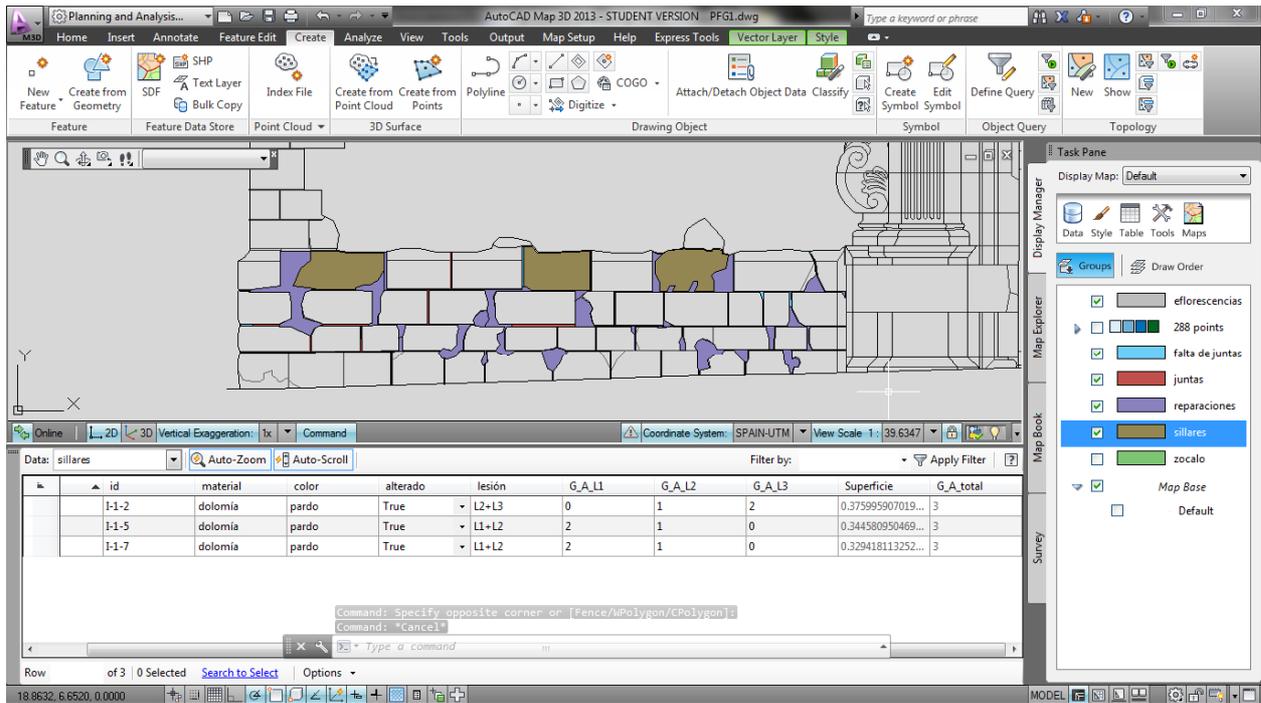
Creación de capa "Juntas" mediante borrado con "Feature Overlay"

Una vez creados los elementos e introducida la información en los atributos, se puede elegir la forma de representarlos, editando su estilo de visualización. Esta es una forma de analizar la información, ya que podemos producir diferentes mapeos según los atributos que queramos resaltar, por ejemplo, la litología de la piedra y las reparaciones.



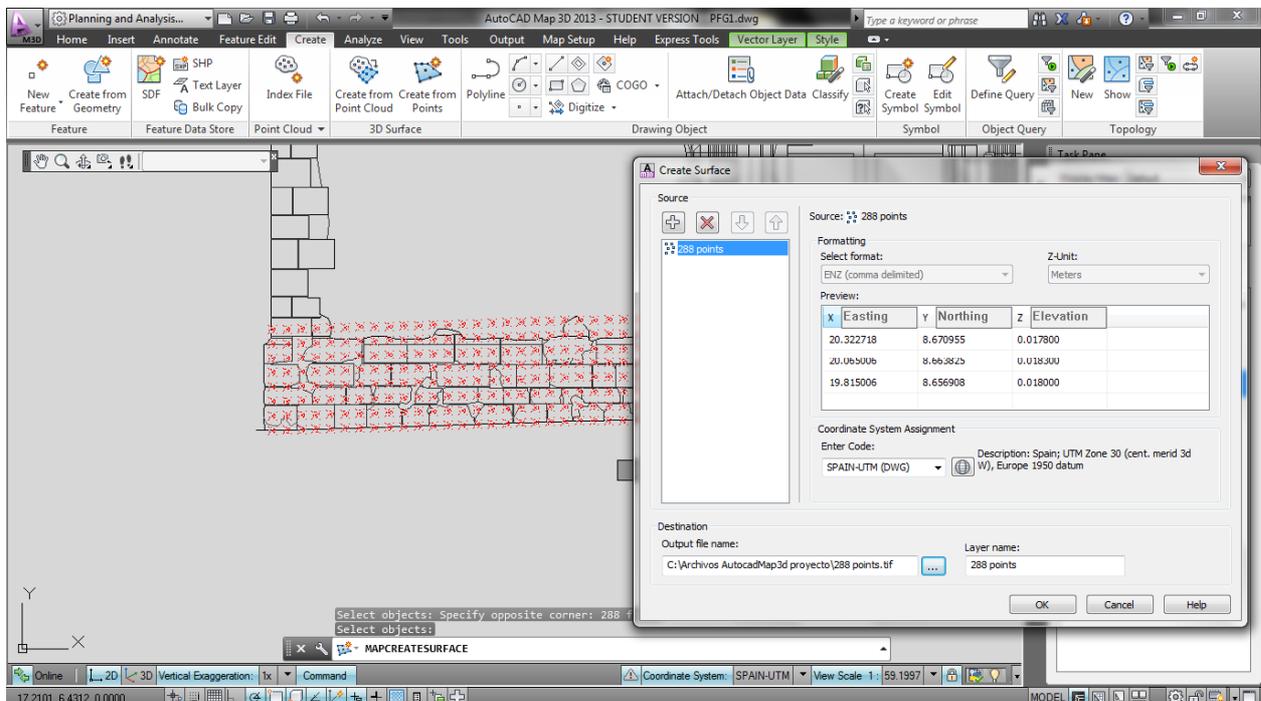
Ejemplo de mapeo, según material de los elementos, editando el estilo de visualización

También se pueden hacer mapeos de análisis mediante consultas, filtrando los datos que se quiera representar, cumpliendo una o varias reglas específicas, como por ejemplo, mostrar los sillares con alteración=2 y con más de una lesión. Otra utilidad que podría servir de ejemplo es que se puede comprobar mediante simple superposición de capas si hay algún elemento dentro de la zona calificada como "alterada" que no tenga alteración definida y corregirlo.

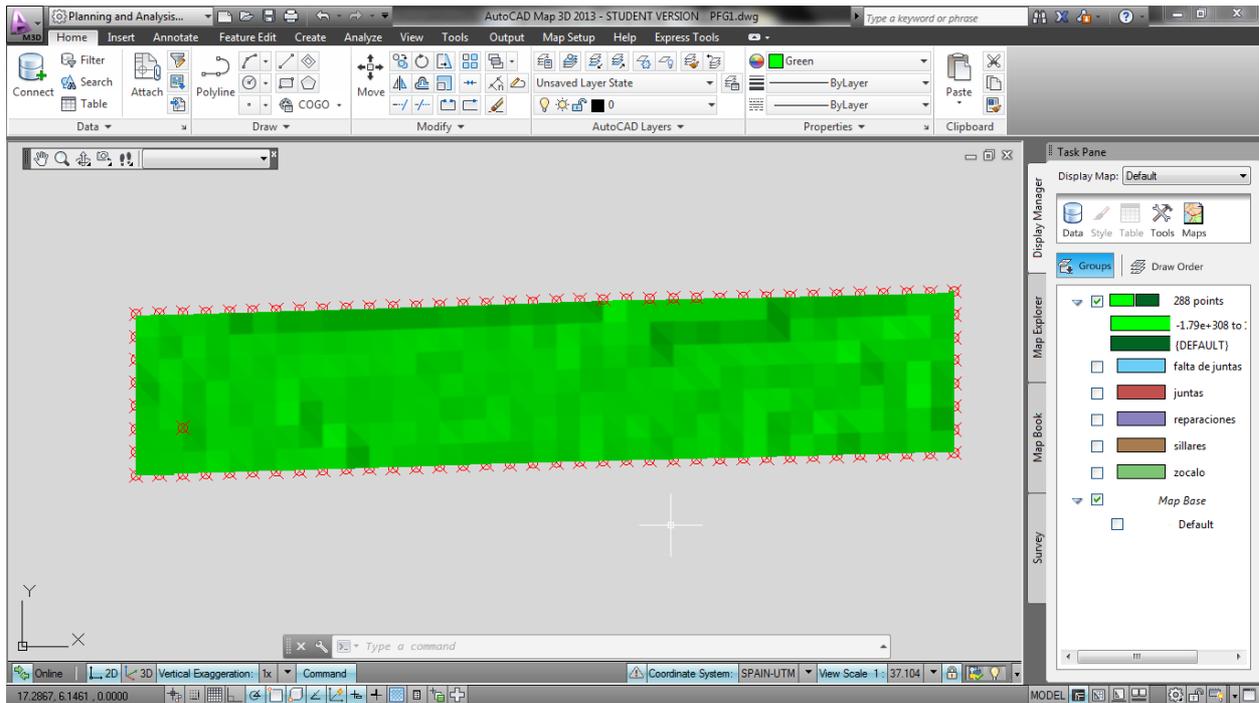


Identificación de sillares con más de una alteración y con grado de alteración 2 mediante consulta (Query)

Para el caso de los datos de humedad, se deben transformar los valores almacenados en los puntos en una superficie sobre la que poder representar del mismo color los valores que estén dentro de unos rangos marcados. Para ello se usa la herramienta que crea una superficie 3D desde puntos (pestaña "Create", "Create from Points" en "3D Surface").



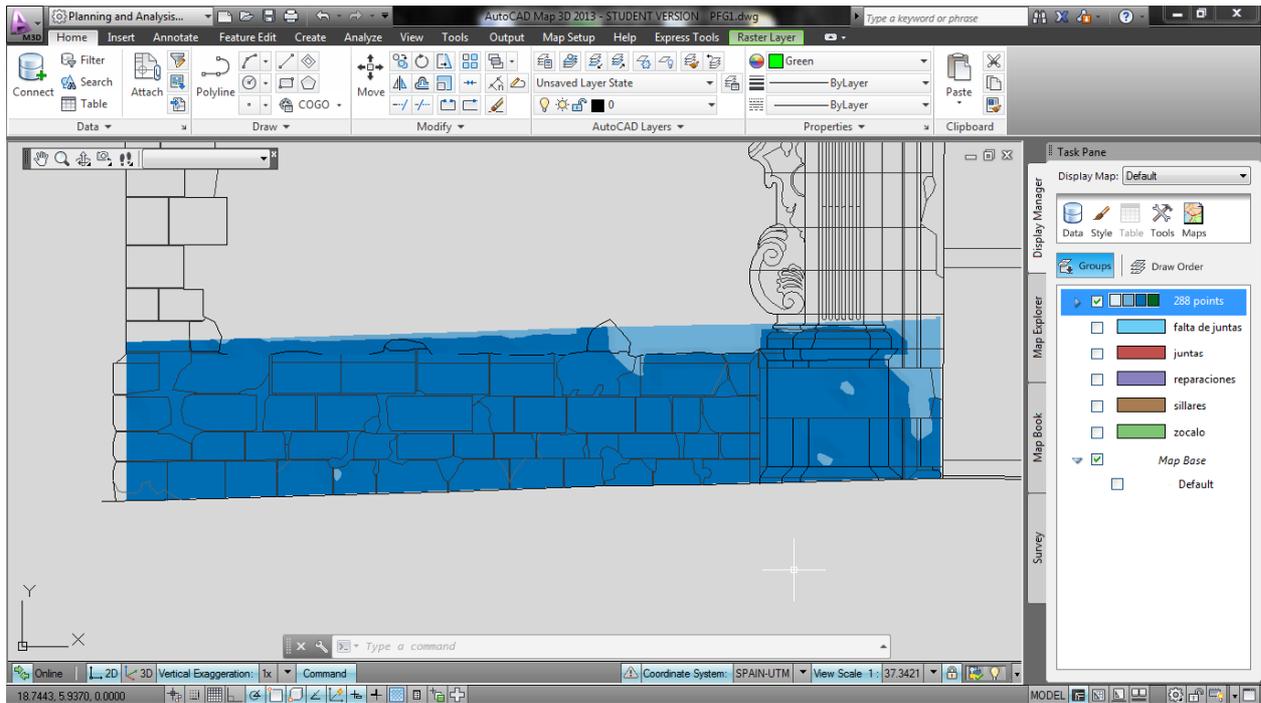
Creación de la superficie a partir de puntos con el valor de la humedad en cada punto



Superficie recién creada

Con esta herramienta podemos crear la superficie a partir de unos puntos dibujados en el plano, donde la coordenada Z serviría para crear la superficie, o desde una conexión a una capa de puntos con valores dentro de un atributo, donde dichos valores sirven para crear la superficie. Una vez creada, se puede cambiar su estilo de representación para que, definiendo unos rangos, se vean del mismo color los valores que estén dentro de esos rangos. Así se podrá evaluar las características de la presencia de humedad en esta toma de datos.

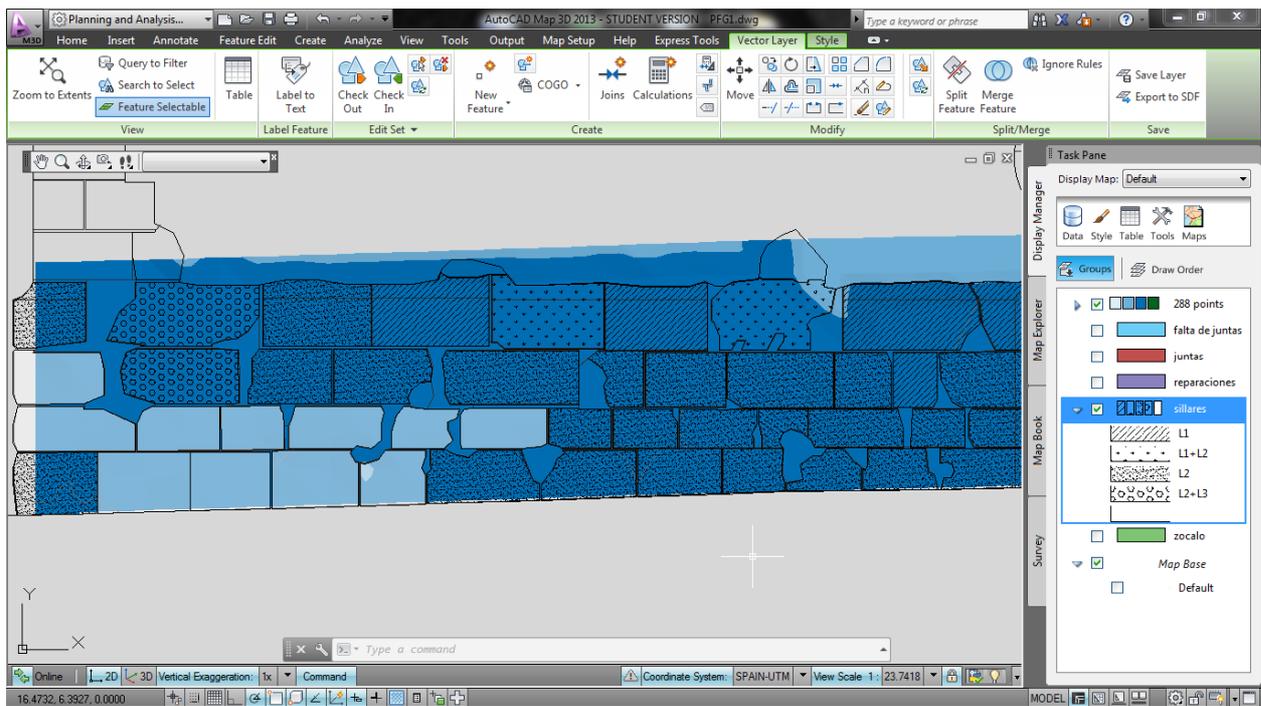
Durante la toma de datos, se observó que la transición entre zonas de poca humedad y zonas con mucha humedad se realizaba bruscamente. Se diferencian por tanto 3 zonas según su nivel de humedad, baja (0-16%), media (16-40%) y alta (40-100%), obteniéndose el mapeo de la humedad en el muro de esta medición.



Resultado final del mapeo de humedad superpuesto al dibujo

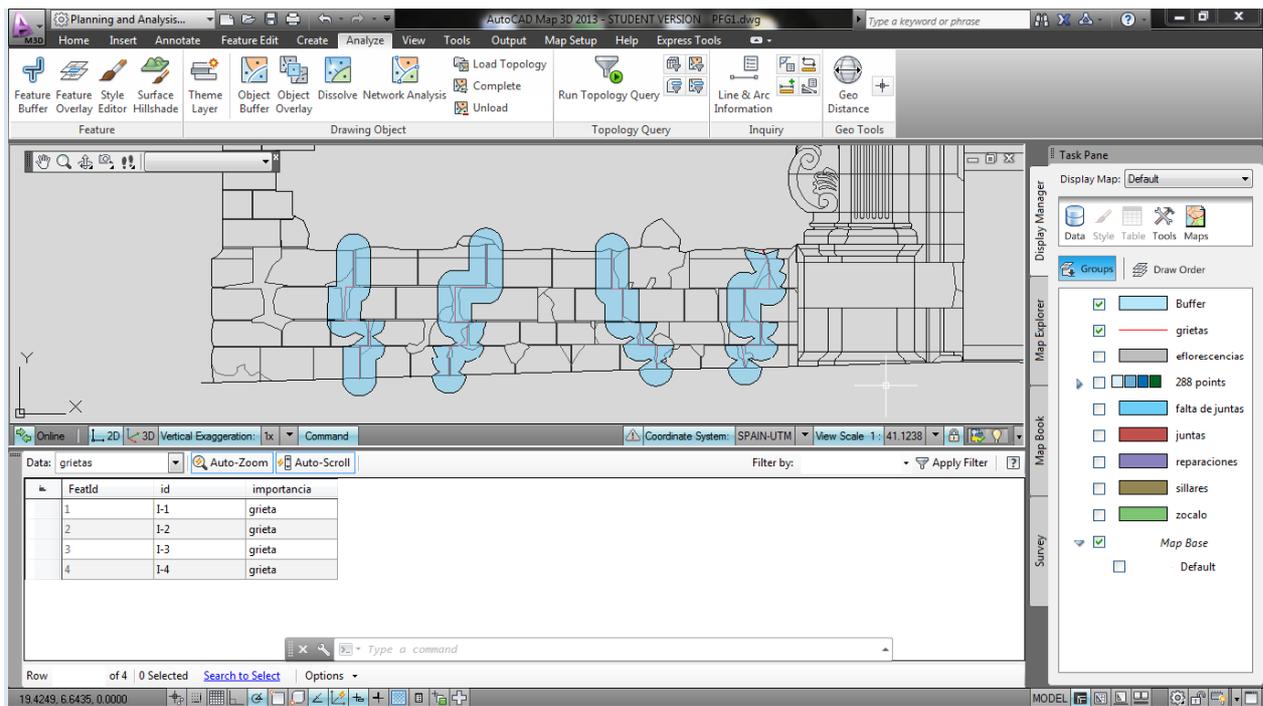
A partir de esta superficie se puede obtener una capa de curvas de nivel o una capa de polígonos, según se prefiera, para interactuar con las demás capas empleando las herramientas de análisis del SIG. En este caso, a simple vista se pueden extraer ya datos que nos pueden servir para posteriores análisis, pero para la explicación a algunas cuestiones concretas puede ser necesario el uso de dichas herramientas de análisis. Podemos comprobar, por ejemplo, la causa de zonas aisladas de menor o mayor porcentaje de humedad que las de su alrededor, si fuera necesario, comprobando el tipo de material de la zona en concreto, su estado de alteración y si hay alguna característica que lo diferencie con los de alrededor que tienen más o menos humedad.

Para este caso en particular, la información a analizar aportada por este mapeo es mínima, ya que presenta un alto % de humedad en casi todo el zócalo, pero ha proporcionado la oportunidad de describir la forma de obtener su representación relacionada gráficamente con el elemento afectado, lo que en otros casos sería de gran ayuda para definir la naturaleza de los problemas derivados de la presencia de este agente de alteración.



Ejemplo de representación de lesiones superpuestas al mapeo de humedad

Una vez que ya hemos extraído toda la información posible mediante consultas simples, mediante variación de estilos o superposición visual de capas, se puede seguir extrayendo información mediante las herramientas de análisis del SIG. Un ejemplo sería la creación de áreas de influencia mediante la herramienta "Feature Buffer" alrededor de las grietas más importantes para remarcar las zonas afectadas. Este ejemplo deja de manifiesto en cualquier circunstancia las zonas debilitadas del elemento por las grietas, y en este caso remarca los movimientos estructurales sufridos en la fachada y su importancia.



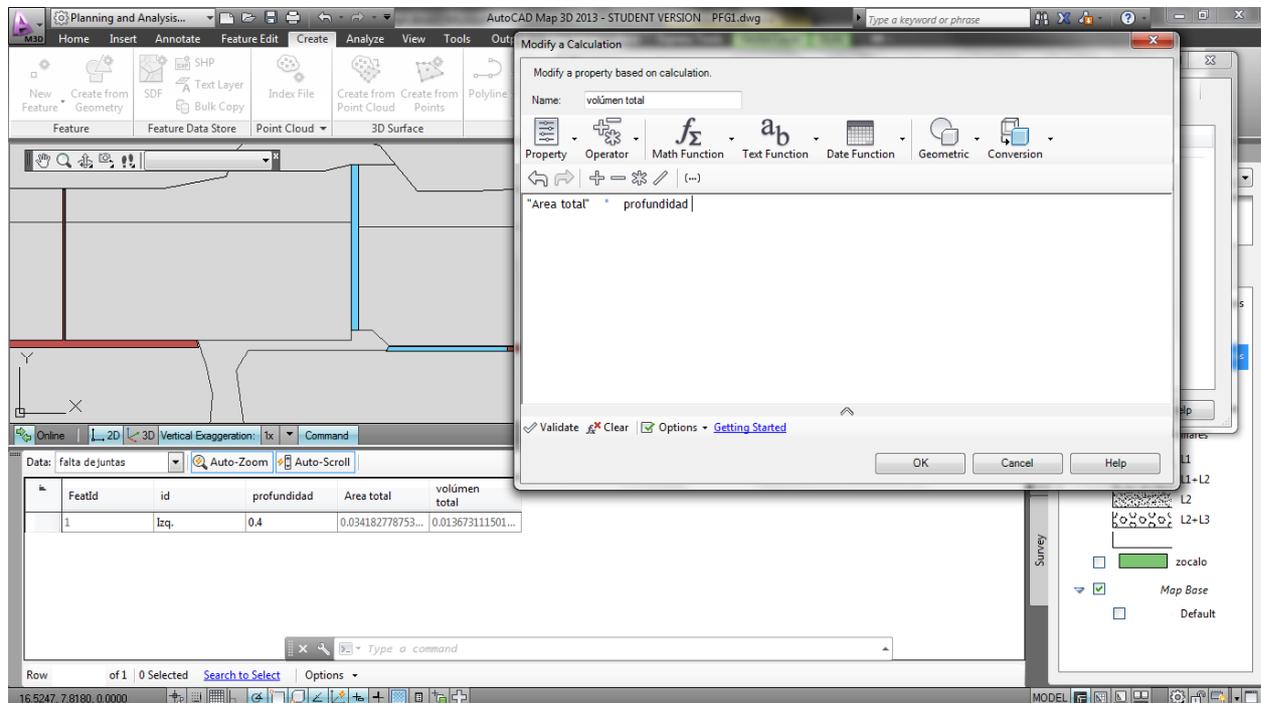
Captura del análisis de grietas mediante Buffer

En este caso se aprecian fallos de representación del programa, después de varios intentos infructuosos por conseguir que funcionara la herramienta. Esto se puede deber a la inestabilidad de la versión o a conflictos con el ordenador de trabajo, pero como no es el primer problema que surge durante su uso, se deja constancia de ello. En cualquier caso, este tipo de análisis va encaminado a resaltar tanto la forma de la grieta como a estudiar la relación entre las vecinas.

La herramienta de superposición de capas (Feature Overlay) que se ha usado antes para conseguir la capa "juntas", nos permite realizar también diferentes operaciones para analizar la información almacenada. Al igual que las consultas, puede realizar operaciones entre las capas, como intersección, diferencia, unión, identidad, clip y pegado. Cada operación se efectúa entre dos capas superpuestas, usando de base la capa con geometría igual o superior a la superpuesta (puntos y líneas sobre polígonos, líneas sobre líneas y polígonos y polígonos sobre polígonos). Por ejemplo, si la información de las diferentes lesiones estuviera representada gráficamente en diferentes capas, se podría analizar su interacción entre ellas o con diferentes materiales, creando nuevas capas que se podrían usar en diferentes mapeos.

En este ejemplo, como tenemos la información de las lesiones almacenada como atributos de cada sillar, no se pueden realizar operaciones de este tipo con ellas, pero ya se ha visto que en este caso se ha analizado la información de otra manera.

Como ejemplo de análisis cuantitativo se puede calcular de forma simple y rápida el volumen que habría que rellenar en las juntas sin mortero. Cálculos como este pueden servir posteriormente para realizar la medición y el presupuesto de una posible intervención.



Volumen de juntas a rellenar a partir de una regla de cálculo entre 2 atributos, profundidad y área total

También se podría conocer la superficie total de los sillares del mismo material que tengan un grado de alteración alto, si fuera necesario conocerla por ejemplo para una posible intervención. La información conjunta que proporcionan estas herramientas junto con la información gráfica mencionada anteriormente, supone por tanto no solo una gran ayuda para la fase de análisis de la patología, sino también para fases posteriores.

Se pueden buscar muchos ejemplos de aplicación de estas herramientas, pero la utilidad de cada uno depende de las cuestiones que se hagan. Conocer la existencia de las herramientas es el primer paso para encontrarle una utilidad, pero esto depende normalmente de la persona que lo maneje y de las preguntas a las que se busque respuesta. En este apartado se ha intentado sacar el máximo provecho de las herramientas disponibles para conseguir una evaluación lo más completa posible de su utilidad para el análisis patológico.

5.2. Resultados de la investigación

Antes de comentar los resultados de la investigación, hay que tener presente que las herramientas de análisis usadas y los datos de partida han limitado las opciones de dicha

investigación, pero aun así, se piensa que la investigación es reflejo de las posibilidades reales hoy día de aplicación de los SIG para el análisis de la patología del patrimonio edificado.

Como resultado más relevante de la investigación llevada a cabo para comprobar la utilidad del uso de las herramientas de análisis SIG en el análisis de la patología en un proyecto de intervención, hay que destacar su potencial, ya que con la poca información previa con la que se partía, se ha podido desarrollar un ejemplo de aplicación con varias aplicaciones potencialmente útiles para conseguir un mejor diagnóstico.

Se ha podido constatar las limitaciones del SIG usado en el tema de las tres dimensiones y se prevé seguir investigando en esta dirección, con otros software y un modelo 3D concebido para su uso en el SIG, dada la tremenda rentabilidad que se le podría sacar a las mismas herramientas analizando el objeto de estudio tridimensionalmente. Sin embargo, el uso con planos bidimensionales también resulta beneficioso, como se ha podido demostrar aquí, si se consigue organizar toda la información gráfica para que sea manejable.

Con una buena organización y estructuración de los datos, la facilidad de su manejo y la posibilidad de visualizarlos temáticamente o por consulta directa hace que la variedad de mapeos y análisis realizados durante esta fase de análisis de la patología, sea tan numerosa como se necesite. Cuanto más información se tenga que analizar, más ventajoso resulta el uso de un SIG para ello, ya que la cantidad de información nueva que se puede obtener de los datos de partida, se multiplica también con la cantidad de datos introducidos, sirviendo no solo para la fase de análisis patológico, sino que también se pueden aprovechar para fases posteriores del mismo proyecto.

Es muy importante no descuidar el estudio previo de todos los datos a introducir en el SIG previo a su implantación, requiriendo del asesoramiento de todos los miembros del equipo multidisciplinar para que se consiga una buena organización y un buen entendimiento y manejo de todos los datos.

Hay que tener en cuenta también que se debería investigar más sobre otras posibles aplicaciones de estas herramientas para facilitar el análisis patológico, ya que la investigación llevada a cabo aquí ha tenido la limitación de los datos de partida, de la herramienta utilizada y del tiempo de desarrollo del trabajo.

La adaptación de los SIG a la intervención en el patrimonio es en este caso más relevante si cabe que la ya efectuada, abriendo por tanto nuevas posibilidades a su uso y a su implantación general, proporcionando así, un desarrollo más eficaz de herramientas personalizadas para este campo y este tipo de aplicaciones en particular.

6. Conclusiones generales

Las conclusiones generales de este trabajo van muy parejas con las obtenidas en la investigación del punto anterior, ya que, tras realizar la investigación mencionada y compararla con el estudio del estado actual de las aplicaciones llevadas a cabo con los SIG en el campo de la intervención en el patrimonio edificado, resalta la importancia de adaptar esta tecnología al campo en concreto en el que se utilice, ya que aunque sea de gran utilidad y sea muy versátil, se le puede sacar mucho más partido personalizándola a las necesidades requeridas de cada caso.

En este trabajo se ha intentado dar una visión general de las funciones más relevantes de la tecnología SIG dentro de este campo, comprobando sus limitaciones actuales e investigando sobre nuevas aplicaciones posibles para dejar constancia de la importancia del uso de esta herramienta y de su futuro prometedor.

La asociación SIG + Patrimonio brinda unos beneficios que ya se están explotando hoy día, en cuanto a la catalogación del patrimonio, uso como archivo documental o como herramienta para la gestión de dicho patrimonio. Lo que faltaba era comprobar hasta dónde había llegado la asociación SIG + Intervención en el Patrimonio edificado e investigar hasta donde podía llegar dentro del análisis patológico. Estos eran los objetivos marcados al principio de este trabajo y se espera que sirva para poner de manifiesto su importancia y conseguir así que no pase desapercibida esta tecnología en este campo, ya que se han resaltado funciones tan útiles como la posibilidad de manejar todo el proyecto desde un solo archivo que asegure el acceso a todos los datos del mismo de forma rápida y organizada, la capacidad para que todos los miembros del equipo que participen en dicho proyecto tengan la facilidad de aportar y editar su información teniendo acceso a la de los demás, la disposición para que se pueda transformar la información de partida para conseguir nueva información útil para los análisis a realizar, la ventaja de que se puedan conseguir tantos planos y mapeos personalizados como sea necesario sin tener que variar la información de partida y la posibilidad de que se pueda aprovechar la información gráfica para hacer estudios de viabilidad, mediciones y presupuestos.

El tiempo invertido para la redacción del trabajo y para el desarrollo del ejemplo sobre el que se ha basado la investigación de este trabajo, no ha sido tanto como el necesario para aprender a usar la herramienta para poder así sacarle todo el partido posible, ya que en cuanto a su manejo, requiere de una mínima especialización para poder usarlo con la soltura necesaria

en la vida profesional, pero esa especialización requerida para su uso es el menor de los problemas cuando son tantos los beneficios a obtener como los señalados aquí. Teniendo en cuenta que este trabajo se inició sin conocer apenas el uso y manejo de esta clase de programas, no debería suponer mucho esfuerzo su implantación en futuros proyectos.

En definitiva, se espera que este trabajo sirva de base también para futuras investigaciones, que permitan la evolución de la tecnología SIG para que sea más útil y funcional si cabe dentro de la Intervención en el Patrimonio Edificado.

7. Fuentes consultadas

Libros

ESBERT, Rosa María. *Manual de diagnóstico y tratamiento de materiales pétreos y cerámicos*. Col·legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Barcelona. Barcelona: 1997. (140 pág.). ISBN:8487104290

Plan Director de Restauración de la Catedral de Santa María de Vitoria-Gasteiz. Coordinadores: Agustín Azkarate, Leandro Cámara, Juan Ignacio Lasagabaster y Pablo Latorre (2002). *Plan Director de Restauración de la Catedral de Santa María de Vitoria-Gasteiz*. Vitoria: Diputación Foral de Álava. Fundación Catedral Santa María. ISBN 84-607-3785-3

Enciclopedia Broto de patologías de la construcción. VV.AA , ARIAN MOSTAEDI, 2006. ISBN 9788496424401

Artículos

A.E. Seguí, C. Portales, M. Cabrelles, J.L. Lerma. *Los Sistemas de Información Geográfica: concepto, ventajas y posibilidades en el campo de la restauración*. LOGGIA nº 24-25, 2012 (págs. 122-131)

M. Centofanti, R. Continenza, S. Brusaporci, I. Trizio. *The architectural information system siarch3d-univaq for analysis and preservation of architectural heritage*. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XXXVIII-5/W16, 2011 ISPRS Trento 2011 Workshop, 2-4 March 2011, Trento, Italy

LEANDRO CÁMARA, PABLO LATORRE. *El Modelo Analítico Tridimensional obtenido por fotogrametría. Descomposición, manipulación y aplicaciones en el campo de la restauración arquitectónica*. *Arqueología de la Arquitectura*. 2-2003. (págs. 87-96)

Ponencias

A. AZKARATE - M. RUIZ DE AEL – A. SANTANA, *El patrimonio Arquitectónico*, Consejo Vasco de Cultura, (Febrero 2003) [http://www.kultura.ejgv.euskadi.net/r46-5773/es/contenidos/informacion/pv_patr_arquitectonico/es_6597/es_ponencias.html] [*Plan Vasco de Cultura*]

Normativa

Carta de Cracovia. 2000. Versión española del Instituto Español de Arquitectura (Universidad de Valladolid), Javier Rivera Blanco y Salvador Pérez Arroyo. Miembros del Comité Científico de la "Conferencia Internacional Cracovia 2000. [http://ipce.mcu.es/pdfs/2000_Carta_Cracovia.pdf] [Instituto del Patrimonio Cultural de España]

Principios para el análisis, conservación y restauración de las estructuras del patrimonio arquitectónico (2003), Ratificada por la 14ª Asamblea General del ICOMOS, en Victoria Falls, Zimbabwe, Octubre de 2003

Italia. *Alterazioni macroscopiche dei materiali lapidei*. Norma 1/88 del CRN italiano

Páginas web

Wikipedia. *Sistemas de Información Geográfica*.

[http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_Informaci%C3%B3n_Geogr%C3%A1fica]

ICOMOS ESPAÑA (Comité Español del Consejo Internacional de Monumentos y Sitios). *Documentos Doctrinales de ICOMOS*. [http://www.esicomos.org/Nueva_carpeta/INDEX_2ESICOMOS.htm]

SIPCA (Sistema de información del Patrimonio Cultural Aragonés), [<http://www.sipca.es/>]

Fundación Catedral Santa María. [<http://www.catedralvitoria.com/index.php>]

Blog Santa María, Fundación Catedral Santa María Katedrala Fundazioa.

[<http://www.katedraldea.net/blog/?author=18&paged=2>]

Asociación gvSIG. *Manual gvSIG 1.1* [<http://www.gvsig.com/>]

ESRI España [<http://www.esri.es/es/>]

Autodesk. [<http://www.autodesk.es/>]

Otros

Apuntes asignatura "Técnicas de intervención en el patrimonio edificado". Curso 2010-2011. Yolanda Spairani Berrio. Universidad de Alicante

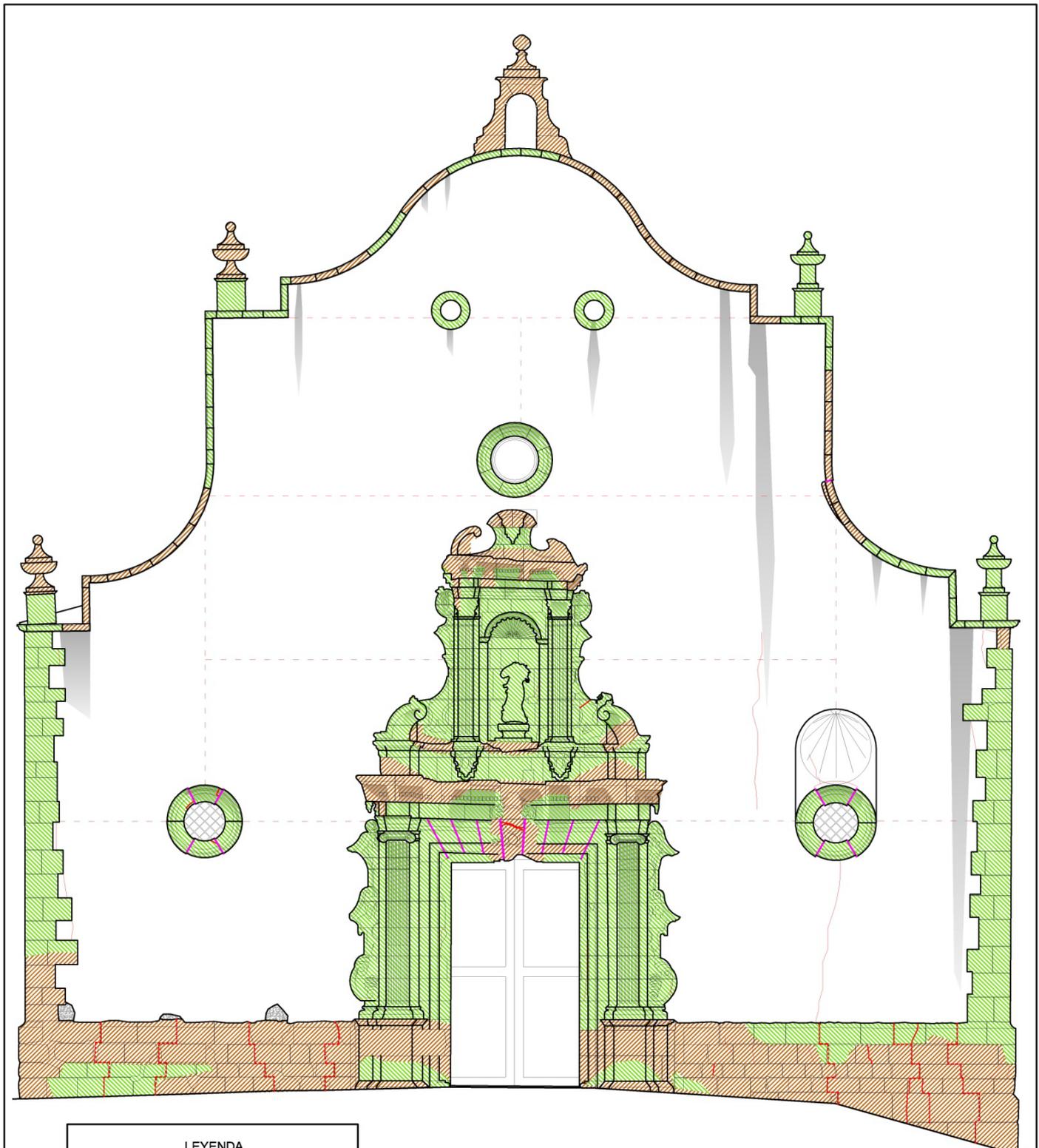
Apuntes taller 35 "Sistemas de Información Geográfica". Curso 2012-2013. Ernesto Faubel Cubells. Universidad Politécnica de Valencia

ANEXO: Documentación complementaria

Se adjunta en este anexo documentación complementaria al trabajo, para que sirva de apoyo a su lectura y facilite la comprensión de su forma y contenidos.

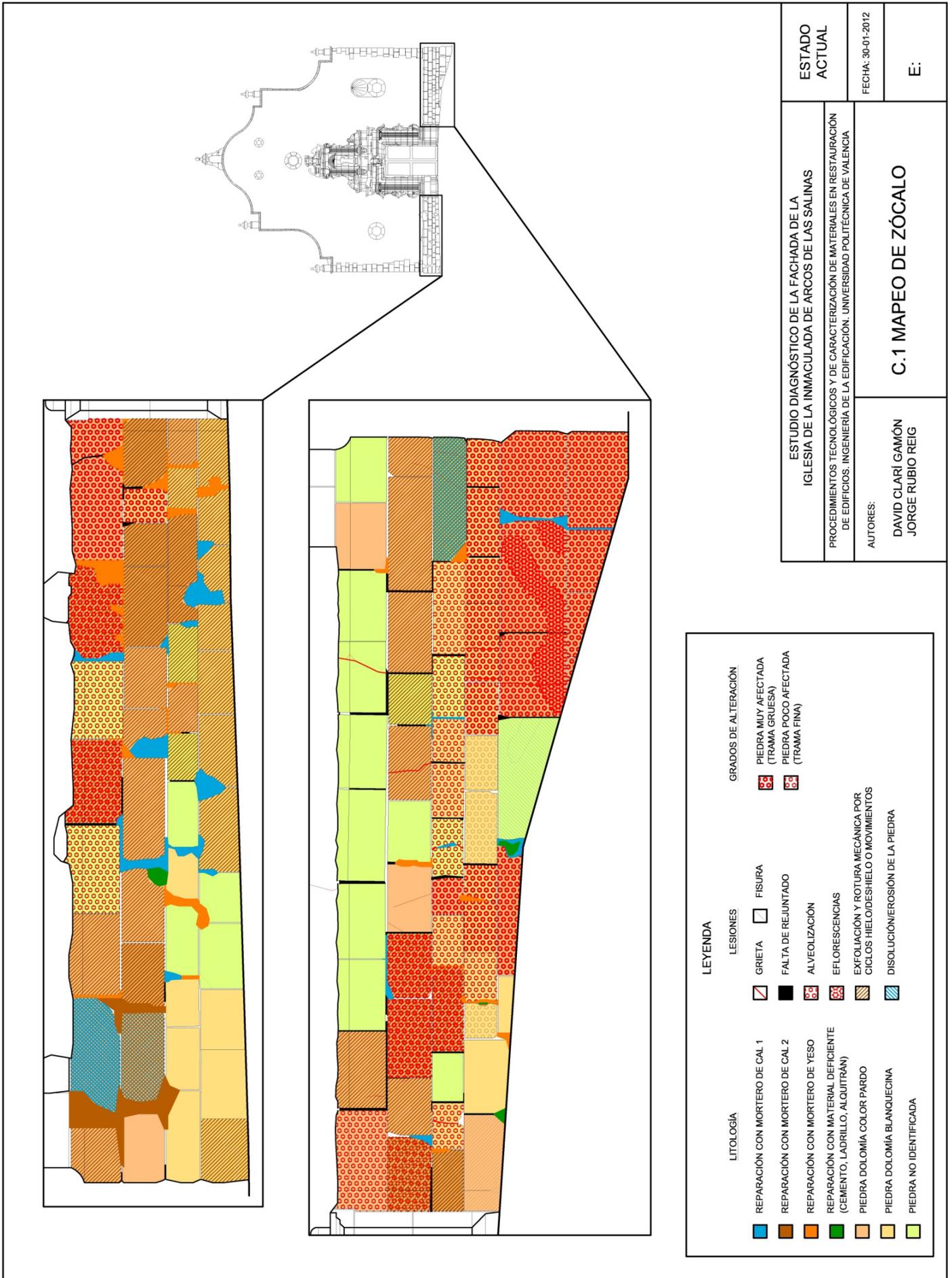
Este anexo incluye:

- Planos usados como datos de partida: Alzado de fachada con identificación de lesiones y Mapeo del zócalo de fachada.
- Curvas de aprendizaje orientativas de diferentes áreas desarrolladas en el proyecto, identificando también las fases de redacción del proyecto.
- Imágenes ampliadas del ejemplo de aplicación.



LEYENDA	
	JUNTA DE TRABAJO EN REVESTIMIENTO
	GRIETA SIGUIENDO LA JUNTA ENTRE SILLARES
	FISURA
	GRIETA
	PLANO DE DESLIZAMIENTO ENTRE PIEZAS
	DEPÓSITO DE SUCIEDAD
	DESCONCHADO EN REVESTIMIENTO
	PIEDRA CON IMPORTANTES ALTERACIONES
	PIEDRA POCO ALTERADA O NO ALTERADA

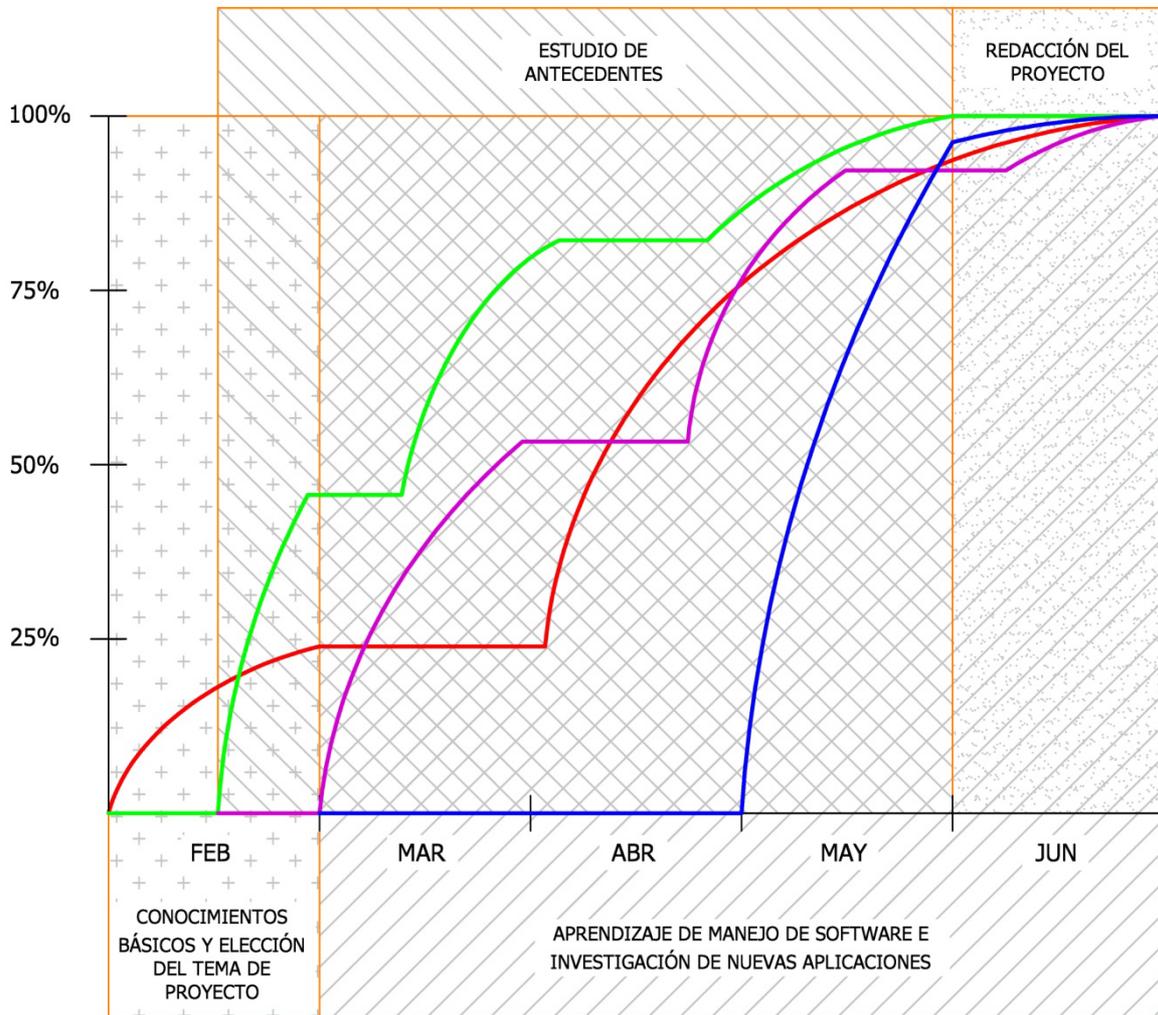
ESTUDIO DIAGNÓSTICO DE LA FACHADA PRINCIPAL DE LA IGLESIA DE LA INMACULADA. ARCOS DE LAS SALINAS		ESTADO ACTUAL
PROCEDIMIENTOS TECNOLÓGICOS Y DE CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES EN RESTAURACIÓN DE EDIFICIOS. INGENIERÍA DE LA EDIFICACIÓN. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALÈNCIA		
AUTORES: DAVID CLARÍ GAMÓN JORGE RUBIO REIG		FECHA: 30-01-2012
B.2 IDENTIFICACIÓN DE LESIONES		E:



ESTUDIO DIAGNÓSTICO DE LA FACHADA DE LA IGLESIA DE LA INMACULADA DE ARCOS DE LAS SALINAS		ESTADO ACTUAL
PROCEDIMIENTOS TECNOLÓGICOS Y DE CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES EN RESTAURACIÓN DE EDIFICIOS. INGENIERÍA DE LA EDIFICACIÓN. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALÈNCIA		FECHA: 30-01-2012
AUTORES: DAVID CLARÍ GAMÓN JORGE RUBIO REIG		E:
C.1 MAPEO DE ZÓCALO		

LEYENDA	
LITOLOGÍA	GRADOS DE ALTERACIÓN
REPARACIÓN CON MORTERO DE CAL 1	PIEDRA MUY AFECTADA (TRAMA GRUESA)
REPARACIÓN CON MORTERO DE CAL 2	PIEDRA POCO AFECTADA (TRAMA FINA)
REPARACIÓN CON MORTERO DE YESO	
REPARACIÓN CON MATERIAL DEFICIENTE (CEMENTO, LADRILLO, ALQUITRÁN)	LESIONES
PIEDRA DOLOMÍA COLOR PARDO	GRIETA
PIEDRA DOLOMÍA BLANQUECINA	FISURA
PIEDRA NO IDENTIFICADA	FALTA DE REJUNTADO
	ALVEOLIZACIÓN
	EFLORESCENCIAS
	EXFOLIACIÓN Y ROTURA MECÁNICA POR CICLOS HIELO/DESHIELO O MOVIMIENTOS
	DISOLUCIÓN/EROSIÓN DE LA PIEDRA

CURVAS DE APRENDIZAJE Y FASES DE PROYECTO



LOS SIG: FUNCIONAMIENTO GENERAL Y MANEJO ESPECÍFICO



ANTECEDENTES: BÚSQUEDA Y ANÁLISIS



NUEVOS CONOCIMIENTOS EN INTERVENCIÓN EN EL PATRIMONIO EDIFICADO



INVESTIGACIÓN: NUEVAS APLICACIONES

Coordinate System - Assign

Currently Assigned: _____

Code: N/A

Description: N/A

Show: _____

Status: Up to date

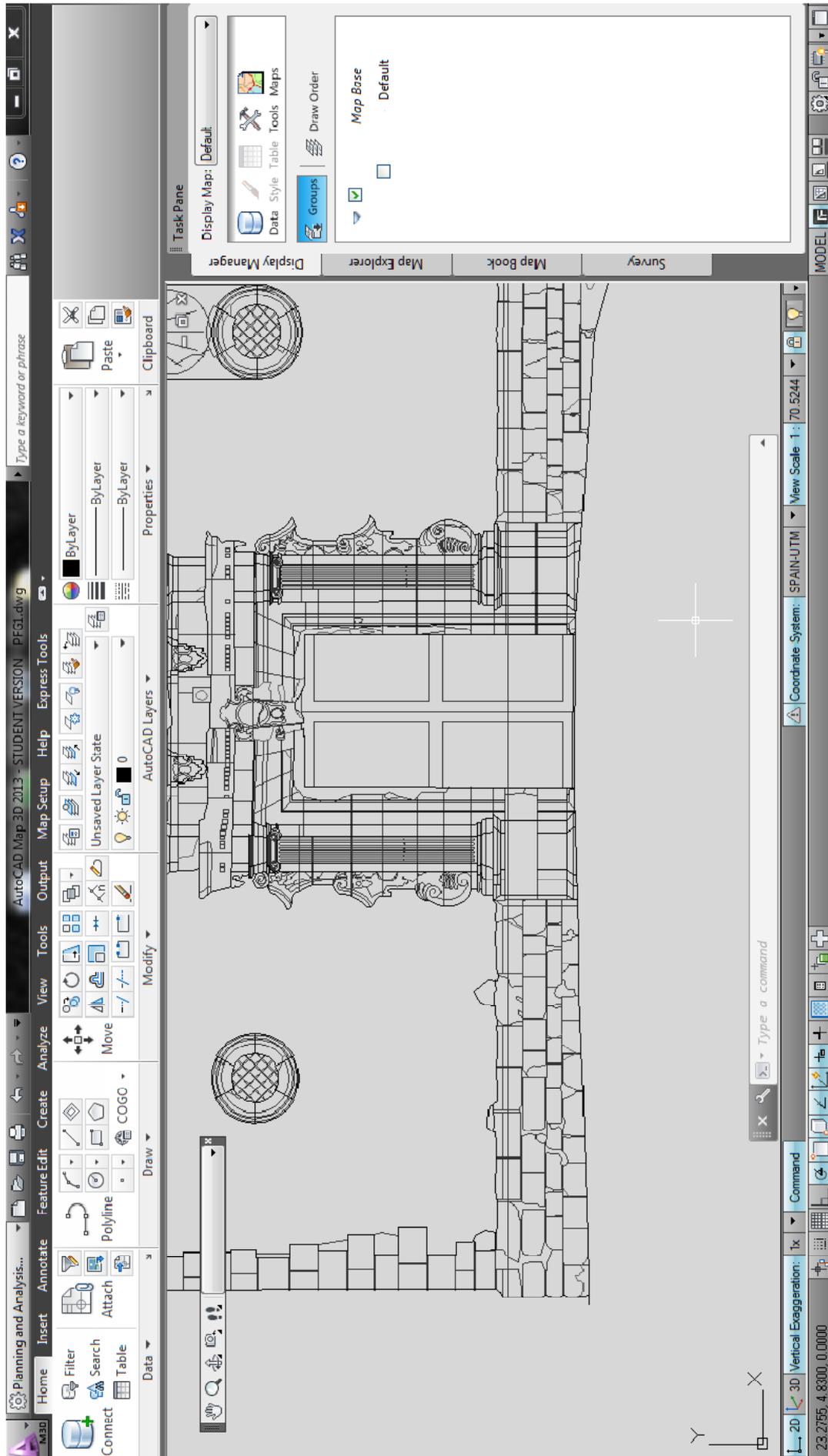
Code type: Autodesks

Category: Spain

Unit: No filter selected

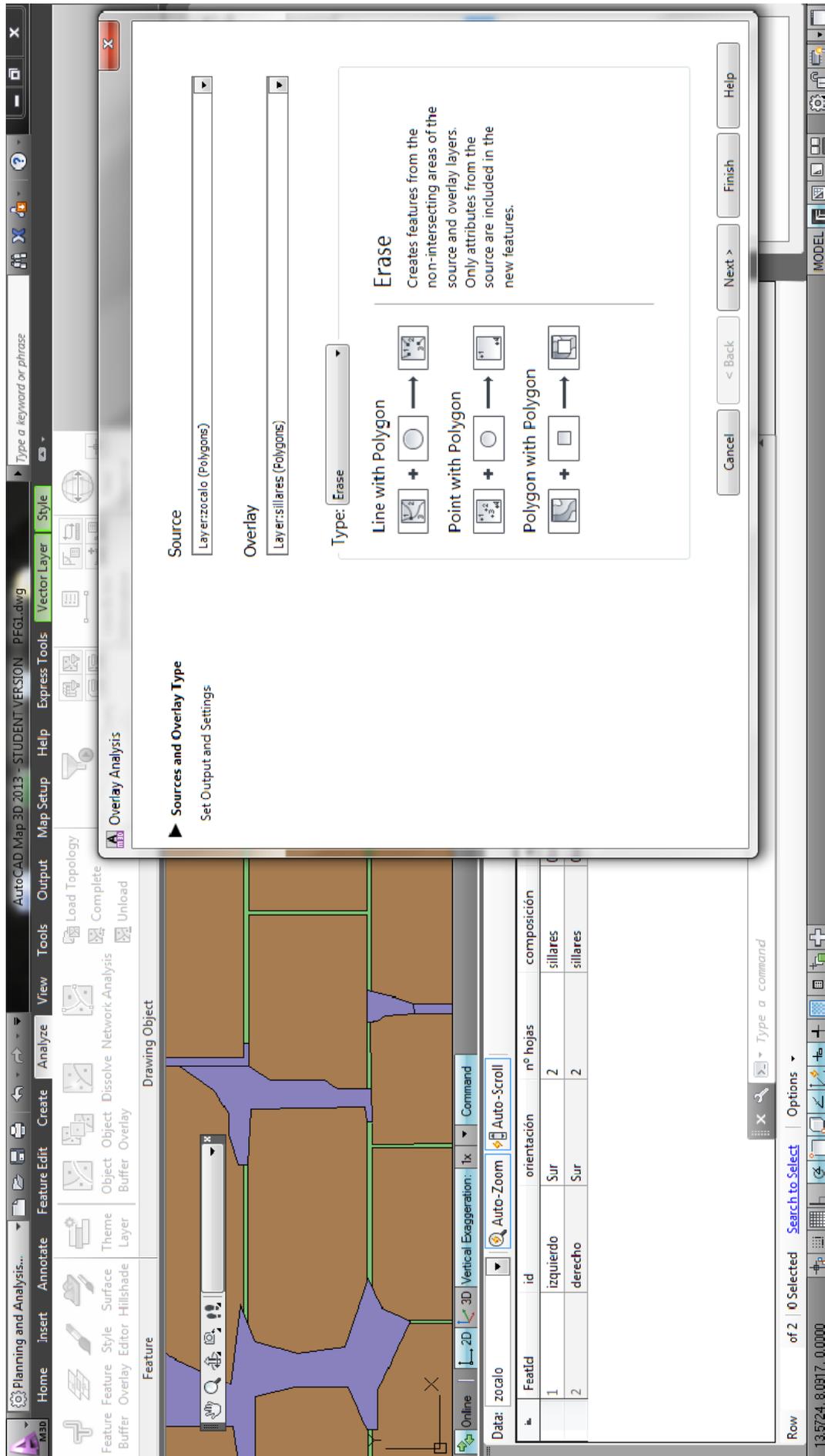
Status	Code	Description	Definition type	Referenced to	Categories	EPSG code	Unit
✓	CANARY_LL	CANARY_LL Automatically genera...	G	CANARY	Lat Longs;Spain	4728	Degree
✓	ED50/ESLL	Europe 1950, Spain Lat/Long's (re...	G	ED50-IGNIES	Lat Longs;Spain;Europe,...	-	Degree
✓	LL-ED50	Europe 1950, currently Spain only...	G	ERP50-7P	Lat Longs;Spain;Europe,...	-	Degree
✓	LL-ERP50-Grid	Europe 1950 datum, grid shift file...	G	ERP50-Grid	Lat Longs;Spain	-	Degree
✓	SPAIN-HU28	Spain; UTM Zone 28 (cent. merid...	P	ERP50-W	Spain	-	Meter
✓	SPAIN-HU29	Spain; UTM Zone 29 (cent. merid...	P	ERP50-W	Spain	-	Meter
✓	SPAIN-HU31	Spain; UTM Zone 31 (cent. merid...	P	ERP50-W	Spain	-	Meter
✓	SPAIN-LM	Spain, using Lambert Tangential	P	ERP50-W	Spain	-	Meter
✓	SPAIN-TM28-1	Canary Islands; UTM Zone 28, Int...	P	INTNL	Spain	-	Meter
✓	SPAIN-TM30-1	Spain; UTM Zone 30, Internationa...	P	INTNL	Spain	-	Meter
✓	SPAIN-UTM	Spain; UTM Zone 30 (cent. merid...	P	ERP50-W	Spain	-	Meter
✓	SP-AMG45	Servicio Geografico del Ejercito (A...	P	INTNL	Spain	-	Meter
✓	SP-CI	Canary Islands Zone	P	CLRK80	Spain	-	Meter
✓	UTM-31N	Unreferenced UTM, Zone 31, Nort...	P	INTNL	Belgium;Spain;UTM, Inte...	-	Meter

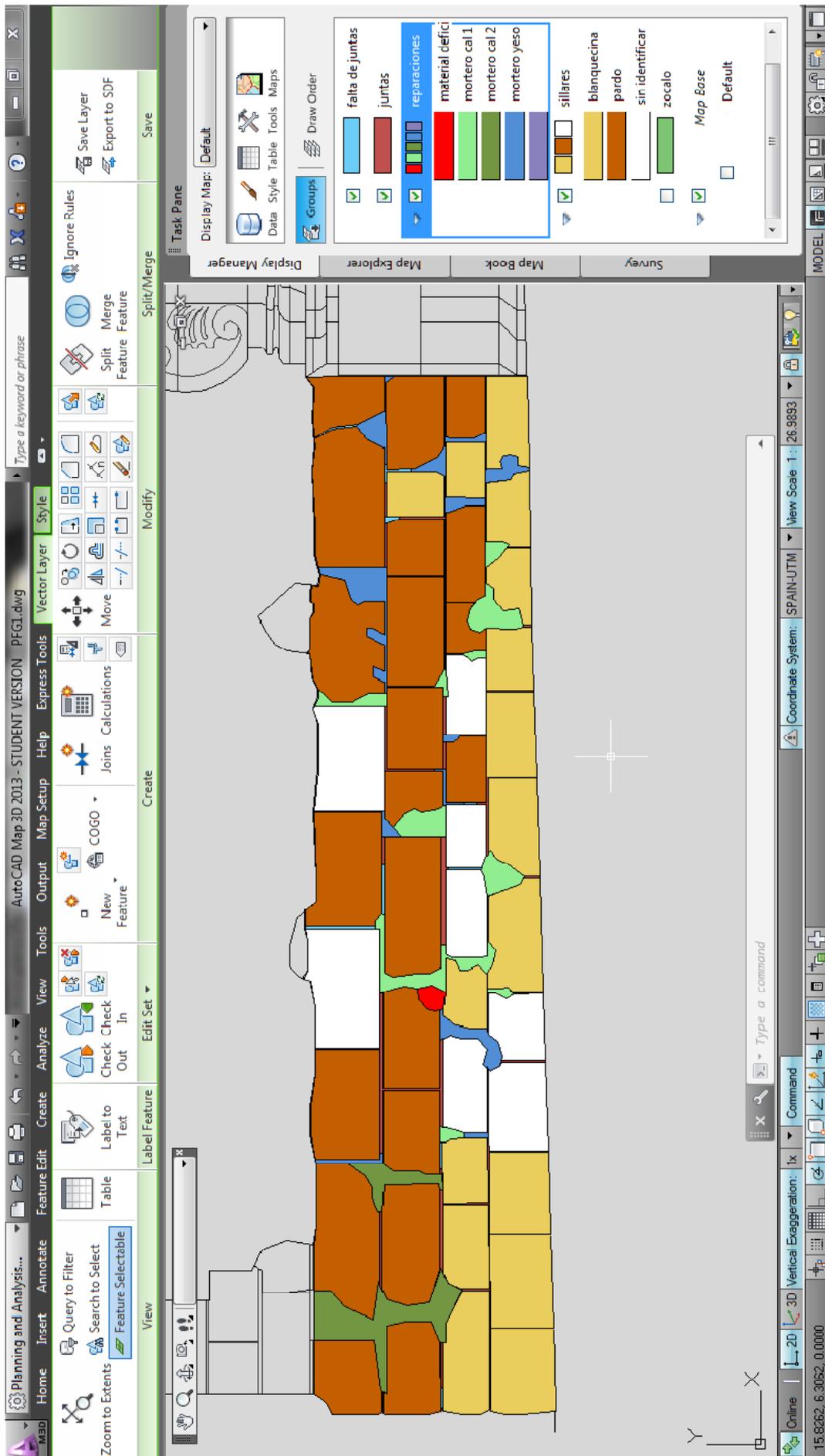
Buttons: Assign, View, Close, Help



The screenshot displays the AutoCAD Map 3D interface. The main window shows a 3D model of a building facade with a selected window area. The ribbon at the top contains various toolsets: Home, Annotate, Create, Analyze, View, Tools, Output, Map Setup, Help, Express Tools, Vector Layer, Style, and Modify. The task pane on the right shows a legend for 'sillares' with categories: reparaciones (purple), sillares (brown), and zocalo (green). Below the legend, there are checkboxes for 'Map Base' and 'Default'. The data table at the bottom shows the following data:

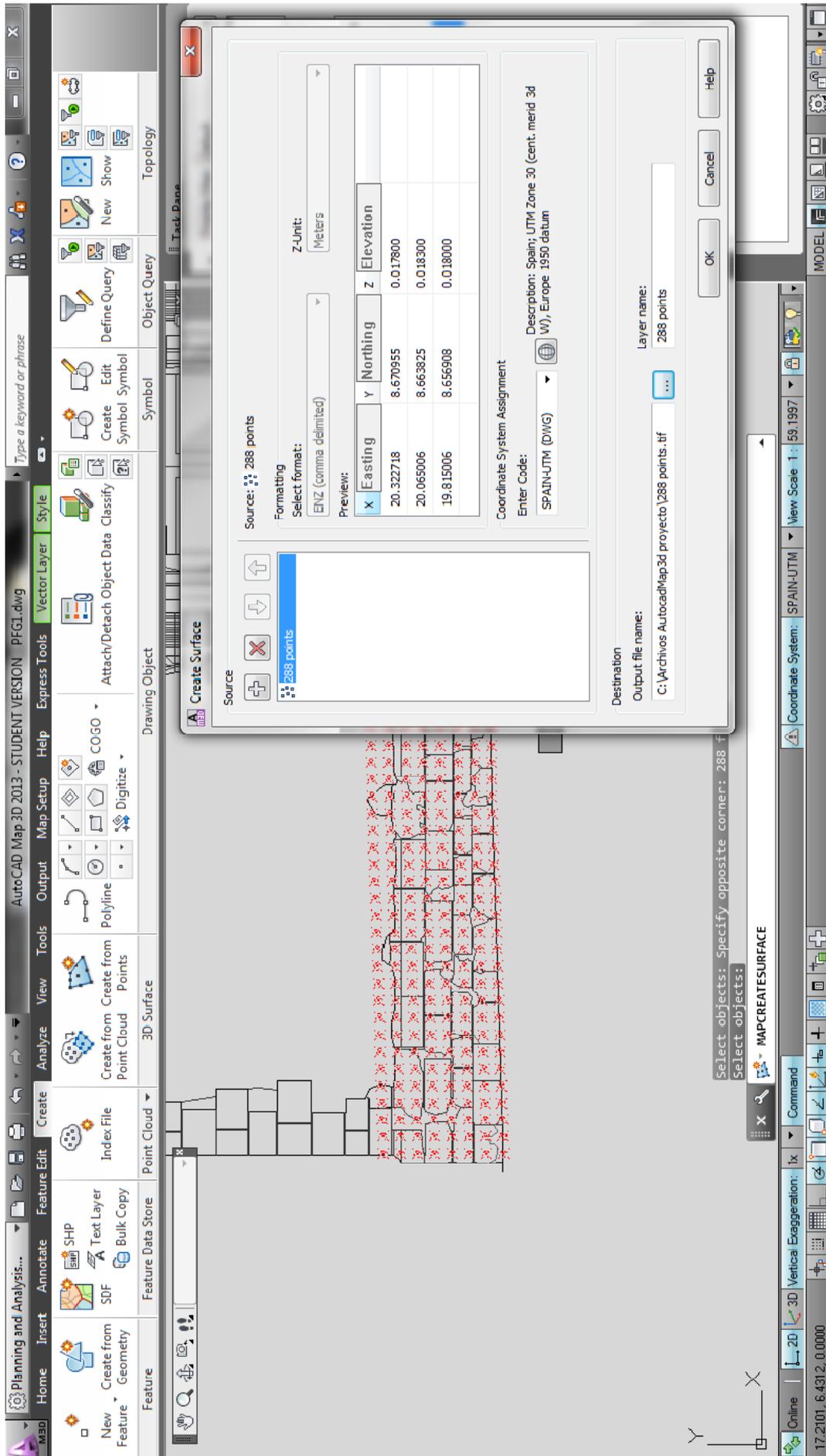
FeatId	id	material	color	alterado	lesión	G_A_L1	G_A_L2	G_A_L3
1	I-1-1	dolomia	pardo	True	L2	<Null>	1	<Null>
2	I-1-2	dolomia	pardo	True	L2+L3	<Null>	1	2
3	I-1-3	dolomia	pardo	True	L2	<Null>	1	<Null>
4	I-1-4	<Null>	<Null>	True	L1	1	<Null>	<Null>
5	I-1-5	dolomia	pardo	True	L1+L2	2	1	<Null>
<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>

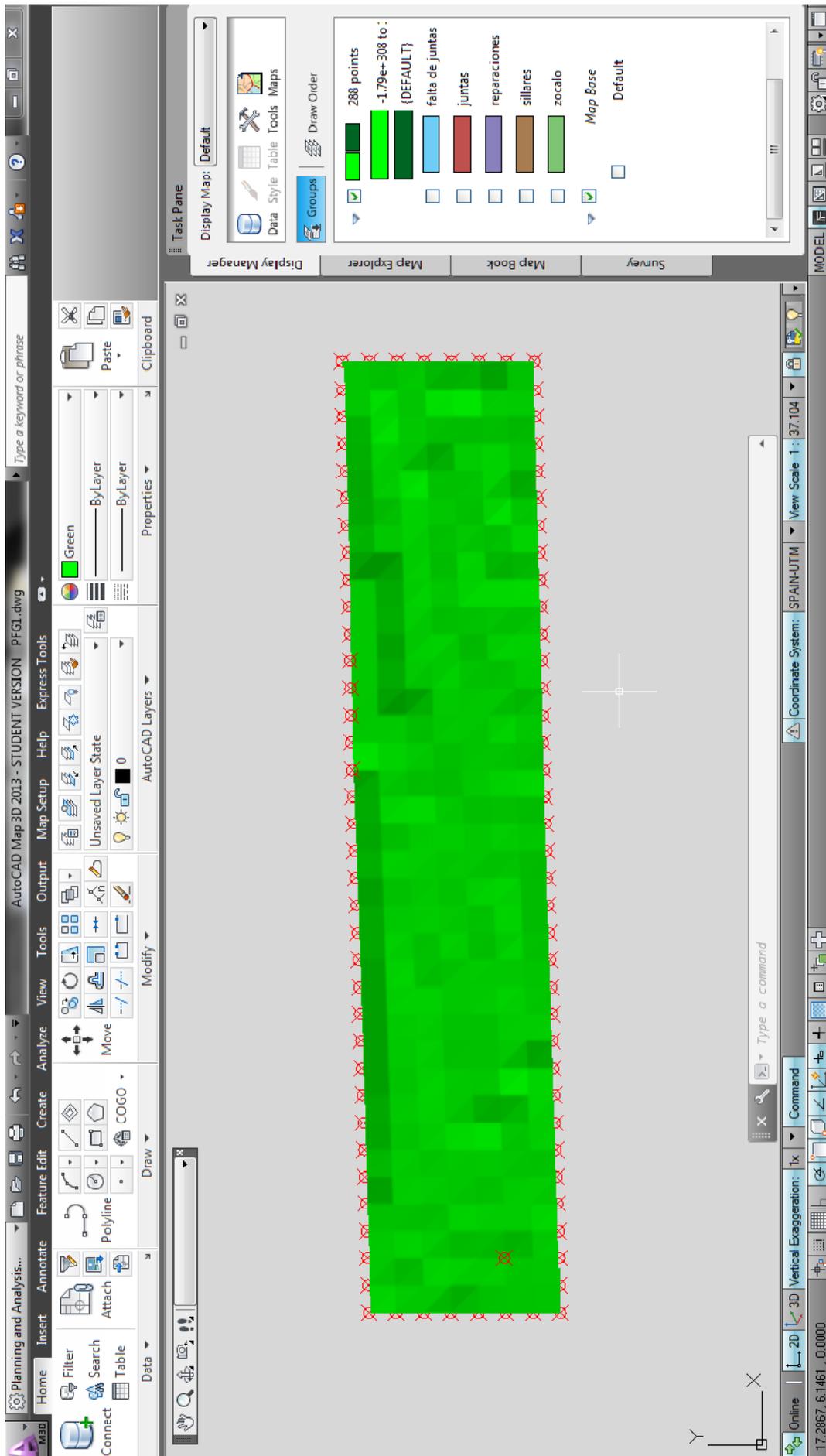


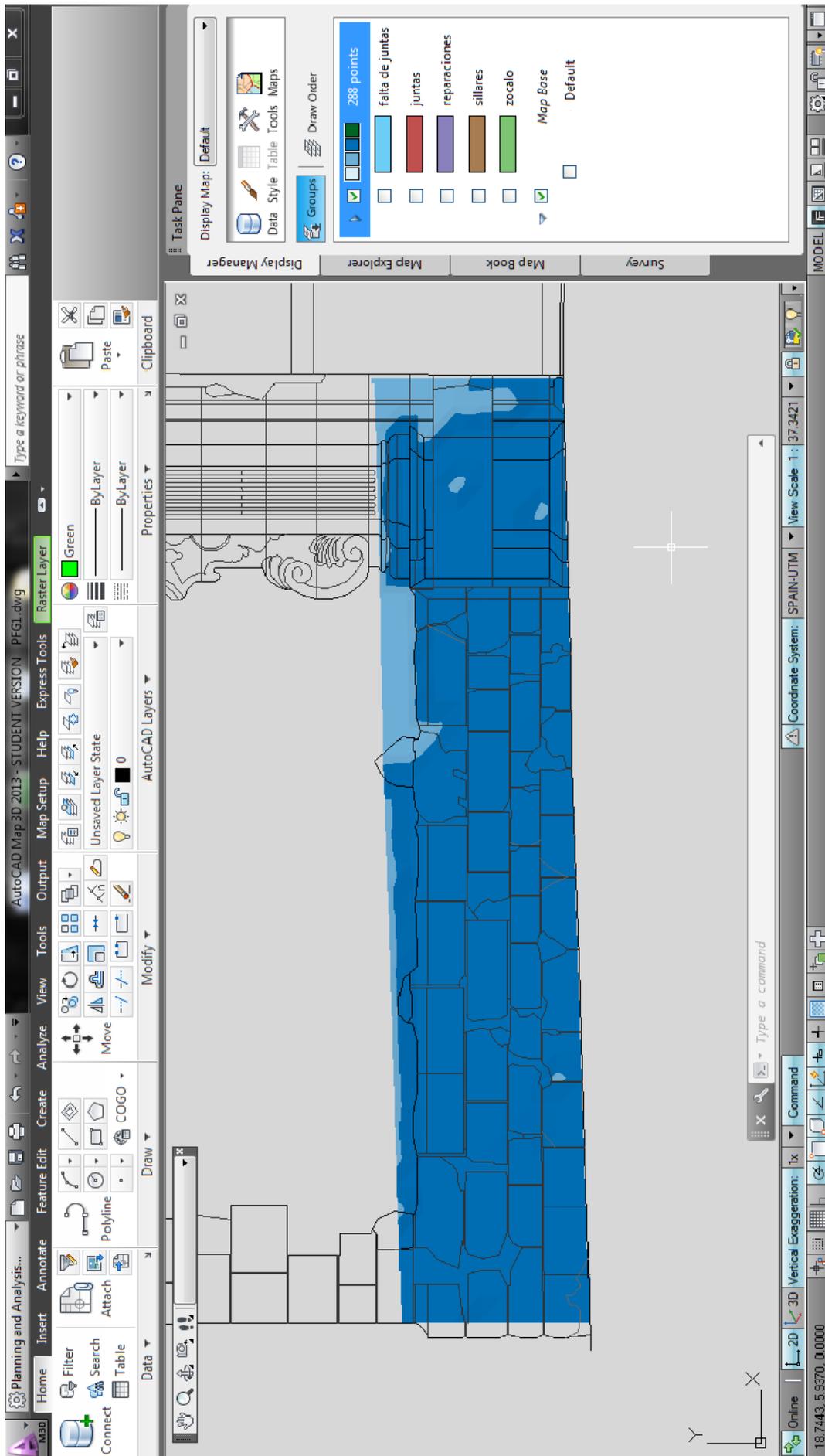


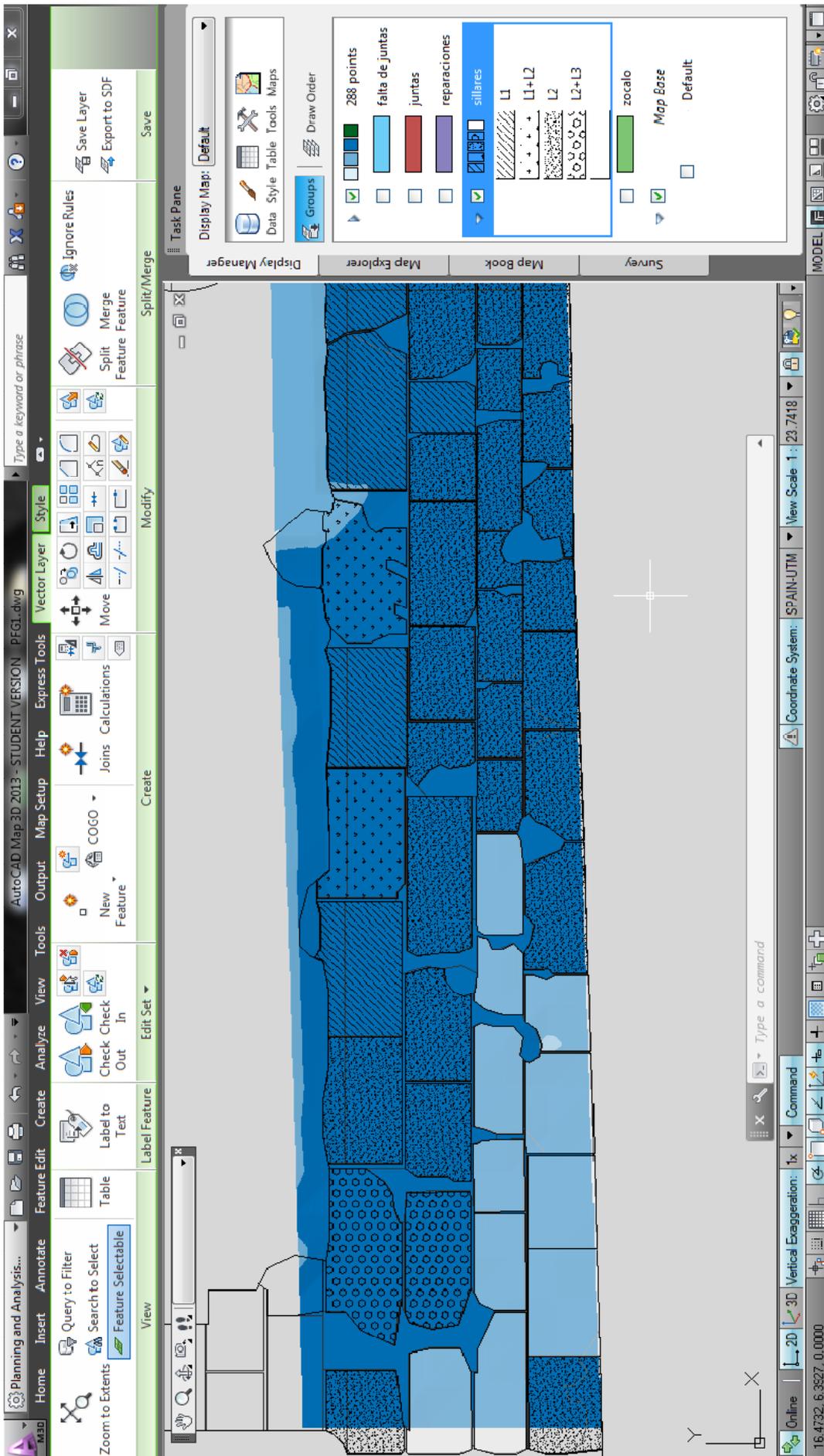
The screenshot shows the AutoCAD Map 3D interface. The ribbon includes tabs for Home, Insert, Annotate, Feature Edit, Create, Analyze, View, Tools, Output, Map Setup, Help, Express Tools, Vector Layer, and Style. The task pane on the right shows the 'Display Map' section with a 'Draw Order' list containing items like 'eflorescencias', '288 points', 'falta de juntas', 'juntas', 'reparaciones', 'sillares', and 'zocalo'. Below the task pane is a data table with the following columns: id, material, color, alterado, lesión, G_A_L1, G_A_L2, G_A_L3, Superficie, and G_A_total.

id	material	color	alterado	lesión	G_A_L1	G_A_L2	G_A_L3	Superficie	G_A_total
I-1-2	dolomia	pardo	True	L2+L3	0	1	2	0.37595907019...	3
I-1-5	dolomia	pardo	True	L1+L2	2	1	0	0.344580950469...	3
I-1-7	dolomia	pardo	True	L1+L2	2	1	0	0.329418113252...	3









The screenshot displays the AutoCAD Map 3D 2013 software interface. The main window shows a 3D architectural model of a building facade with several cracks highlighted in blue. The interface is divided into several panels:

- Task Pane:** Located at the top right, it shows a legend for the cracks with categories: Buffer, grietas (cracks), eflorescencias (efflorescences), 288 points, falta de juntas (missing joints), juntas (joints), reparaciones (repairs), sillares (masonry blocks), zocalo (base), Map Base, and Default.
- Map Explorer:** Shows the current map and its properties, including the coordinate system (SPAIN-UTM) and scale (1:41.1238).
- Map Book:** Displays the current map's position within a project.
- Survey:** Shows the survey data for the current map.
- Data Table:** Located at the bottom right, it displays a table of crack data:

Row	FeatId	id	importancia
1	I-1	grieta	grieta
2	I-2	grieta	grieta
3	I-3	grieta	grieta
4	I-4	grieta	grieta

The screenshot shows the 'Modify a Calculation' dialog box in AutoCAD Map 3D. The dialog is titled 'Modify a Calculation' and has a 'Name' field containing 'volumen total'. Below this, there are several tabs: 'Property', 'Operator', 'Math Function', 'Text Function', 'Date Function', and 'Conversion'. The 'Math Function' tab is selected, and the formula field contains the expression: $"Area total" * profundidad$. At the bottom of the dialog, there are buttons for 'Validate', 'Clear', 'Options', 'Getting Started', 'OK', 'Cancel', and 'Help'.

In the background, a 3D model of a building is visible. A table at the bottom of the interface displays the following data:

FeatId	id	profundidad	Area total	volumen total
1	Izq.	0.4	0.034182778753...	0.013673111501...

The interface also shows various toolbars and a command line at the bottom with the text 'Row of 1 | 0 Selected Search to Select Options' and '16.5247, 7.8130, 0.0000'.