

NUEVAS APLICACIONES DEL LEVANTAMIENTO INTEGRADO (RILIEVO)

Francisco Juan Vidal¹ y Alessandro Merlo²

Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio de la Universidad Politécnica de Valencia

¹ Unidad de catalogación, análisis crítico y promoción del patrimonio

² Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica de la UPV. Dipartimento di Pregettazione dell'Architettura (Sezione Architettura e Disegno) de la Facoltà di Architettura di Firenze

AUTOR DE CONTACTO: Juan Vidal. fjuan@ega.upv.es

RESUMEN: *El conocimiento de los Bienes Arquitectónicos es un objetivo irrenunciable para su tutela y puesta en valor. El levantamiento (rilievo) es el primer nivel de conocimiento. La potencia de las herramientas actuales al servicio del levantamiento (scanner láser, modelos tridimensionales, SIG...) apenas se aprovecha, las más de las veces, para acelerar y mejorar los métodos de levantamiento convencionales.*

En este artículo se exponen experiencias orientadas al mayor aprovechamiento de esas potencialidades. Como la evaluación de la reutilización de estos complejos (casos de Verrucole). O como la verificación del diálogo entre dos aspectos de un análisis urbano: la calidad "ambiental" establecida en una base de datos, y el modelo tridimensional en "nube de puntos" de un escenario urbano (caso de Aramo).

KEYWORDS: Scanner láser, levantamiento integrado, rilievo, SIG 3D, modelo tridimensional

1. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas la tecnología ha permitido un progreso hasta ahora impensable en múltiples campos científicos. El ámbito del levantamiento es, sin duda, uno de ellos. Se han logrado grandes avances debido en gran medida a la utilización de los scanner láser 3D y a los sistemas de información geográfica (SIG). Los primeros han permitido acelerar las operaciones de medición y aumentar exponencialmente la exactitud de los datos adquiridos. Los segundos, a través del desarrollo de software específicos, consiguen hacer interactuar información de naturaleza diferente, volviéndola más utilizable.

Las novedades introducidas por estos instrumentos han sido tantas y tales, que se han cambiado radicalmente los procedimientos de levantamiento. El scáner láser permite la transferencia del objeto investigado a un espacio virtual. Se trata de una acción a-crítica y delegada casi en su totalidad a la instrumentación utilizada. Su objetivo es la adquisición real del objeto a través de una serie innumerable de puntos, que son transferidos automáticamente dentro del software, sin que el operador pueda poner en marcha la "selección por intención" en la que se basa el acto mismo del levantar.

Esto no pasaría en un levantamiento "tradicional" (directo o indirecto, lo mismo da) porque la necesidad de determinar por adelantado (desde la misma fase de planificación de las tareas de medición) los elementos que el operador considera indispensable para la correcta definición de la geometría del objeto, hace que la tarea de tomar la medida no sólo se inscriba plenamente en el proceso de levantamiento, sino que sea su acto más significativo.

El escaneo, por lo tanto, no forma parte del levantamiento métrico-geométrico de un objeto arquitectónico. Es propedéutico. Sólo después de haber adquirido el modelo definido por la nube de puntos del objeto, el operador es capaz de hacer frente a su levantamiento. Este modelo, que de hecho puede considerarse una versión portátil de la arquitectura analizada, toma el nombre de modelo digital "para el levantamiento" (Merlo et. al. 2007), conllevando esta última palabra el fin que debe tener y los requisitos que debe cumplir. En estas circunstancias quizás sea necesario replantear la figura del mismo operador, que corre el riesgo, como ha ocurrido con otras figuras profesionales, de especializarse en uno de los varios ámbitos de su competencia y, por lo tanto, de tomar el rol del técnico al cual se delega, por ejemplo, la sola operación de medición.

La complejidad de las actuales herramientas de levantamiento y de restitución, hace casi siempre necesaria la presencia de personas capaces de hacerlos funcionar correctamente, que en la mayoría de los casos, debido a la complejidad de las mismas máquinas, son operadores que carecen de los conocimientos inherentes a sus fundamentos tecnológicos (mecánica o informática).¹ Se delimitan, por tanto, tres niveles distintos de especialistas: la del técnico que sabe el funcionamiento del instrumento, la del experto capaz de utilizarlo y, finalmente, la del director del levantamiento (el operador) que debe indicar cómo usarlo. A este último se le han confiado las tareas de elaborar el proyecto de levantamiento (de acuerdo con los fines para los que se hace), de supervisar las operaciones de recolección de datos (no sólo dimensionales, sino también cualitativos, descriptivos, etc.) y de comprobar la bondad de las reproducciones efectuadas. Al operador se le delega la facultad de hacer personalmente las acciones previstas en cada operación, pero, es bueno subrayarlo, su papel en el proceso de levantamiento

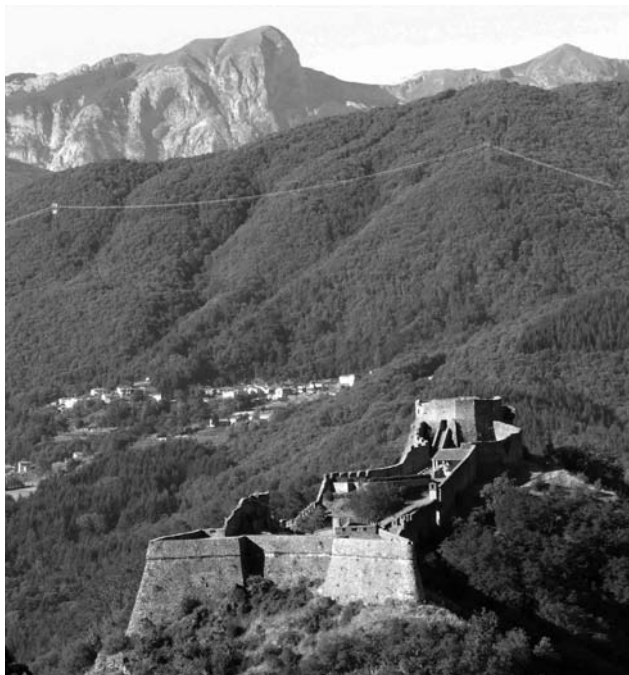


Figura 1: Imagen de la fortaleza de Verrucole. La estructura militar, que se ubica en el ayuntamiento de San Romano en Garfagnana, debe su nombre a la forma de “verruca” de la colina en la cual se levanta

es muy diferente, y no se agota con la medida y/o la representación. En este proceso es necesario trabajar en grupos de trabajo, dentro de los cuales deben confluír aptitudes y conocimientos diferentes.

El resultado de un levantamiento, “tradicional” o “avanzado”, está sin embargo siempre vinculado a la figura del operador, y a las “sabias” elecciones que, sobre la base de su experiencia, de las peculiaridades del objeto investigado y del propósito del propio levantamiento, es capaz de hacer en el momento mismo en el que trabaja sobre un objeto arquitectónico, ya sea real o virtual.

2. LA FORTALEZA DE VERRUCOLE (LUCCA)

2.1 Objeto

La arquitectura fortificada constituye, después de la eclesiástica, el patrimonio de monumentos más importante del que disponen países como Italia o España. De hecho, no existe ninguna localidad que no cuente entre sus vestigios o en sus trazados, la memoria (aunque solo en la toponimia del lugar) de un castillo. El estudio y conocimiento de estos complejos, a la par que de otros monumentos, es por tanto fundamental a fin de tutelar y valorar una parte importante de nuestra historia que debe ser absolutamente preservada para las futuras generaciones. Para evaluar la posibilidad de reutilizar estos complejos, muchos de los cuales hoy se utilizan solamente como museos de sí mismos, se ha analizado la fortaleza de Verrucole que, junto a otras estructuras militares que costean la Garfagnana (territorio estratégico desde un punto de vista militar entre la Toscana y la Emilia Romagna), ha sido introducida en una ruta “cultural” en la cual cada obra, además de poder ser apreciada en su aspecto específico de fortaleza, puede también asumir otros usos.

La fortaleza de Verrucole, que posee una inusual forma en planta debida a las peculiares fases de ampliación de la obra, está situada en un contexto único donde la obra del hombre y el entorno natural conviven en perfecta armonía. Su estudio no podía iniciar de otro modo que de un análisis con procedimientos científicos (cuya ausencia es hoy inaceptable), utilizado como instrumento donde verificar algunas hipótesis relativas, por ejemplo, a la geometría de la

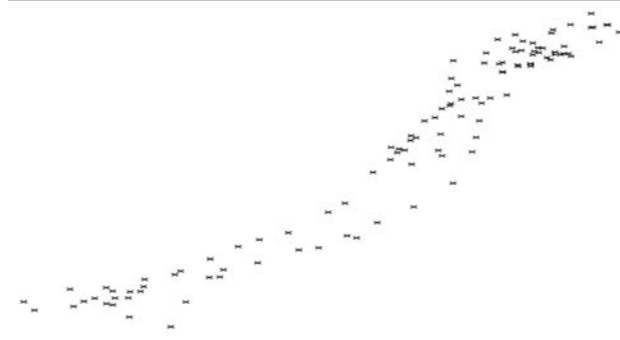


Figura 2: Axonometría del modelo 3D “en nube de puntos”, y de los puntos del apoyo levantados con la estación total

fortaleza, o como base sobre la cual restituir indagaciones realizadas directamente sobre la arquitectura (por ejemplo aquella relativa a su estado de conservación).

1.2 Metodología

Durante las fases preliminares de planificación de la campaña de estudio, múltiples factores han influido en la elección y organización del trabajo. En primer lugar la posición geográfica del complejo (Verrucole se encuentra a 720 metros sobre el nivel del mar) obstaculiza las labores de campo durante la mayor parte del invierno, obligando, por tanto, a concentrar las operaciones de recopilación de datos y medidas en el menor periodo de tiempo posible durante el verano. Secundariamente, la mole y su articulada morfología (la fortaleza tiene una extensión lineal de 220 metros y una anchura máxima de 45 metros), han sugerido el uso de sistemas de medida “avanzados” basados en la tecnología “laserscan” integrada con un análisis topográfico. Además, la conformación particularmente accidentada del entorno de la fortaleza ha hecho imposible el uso del scanner láser en la toma de datos en el lado Suroeste y Noreste, haciéndose necesario proceder, en aquellas partes, con un levantamiento de tipo tradicional.

En función, por tanto, de las dimensiones del organismo y del interés dirigido preferentemente a los aspectos arquitectónicos del edificio, la tecnología laserscan utilizada ha sido “a tiempo de vuelo”. El escáner utilizado fue el FARO LS CAM2. La organización de las operaciones de análisis laserscan ha tenido en cuenta las características de éste instrumento (radio operativo máximo de 80 metros y ninguna limitación en lo que respecta al ángulo axial) que han permitido localizar, antes de la fase de toma, los puntos de estación más idóneos para evitar la presencia de partes en sombra y la excesiva superposición de puntos relevantes, impidiendo así un inútil almacenamiento del volumen de datos a gestionar durante la fase de reelaboración. Tal estudio preliminar ha sido indispensable, además, para cuantificar el número máximo de escaneados necesarios para analizar el complejo entero (46 escaneados, con la adquisición de cerca de 671 millones de puntos) factor que ha resultado útil también para planificar el tiempo de las operaciones de recolección (llevadas a cabo en una campaña de sólo dos días).

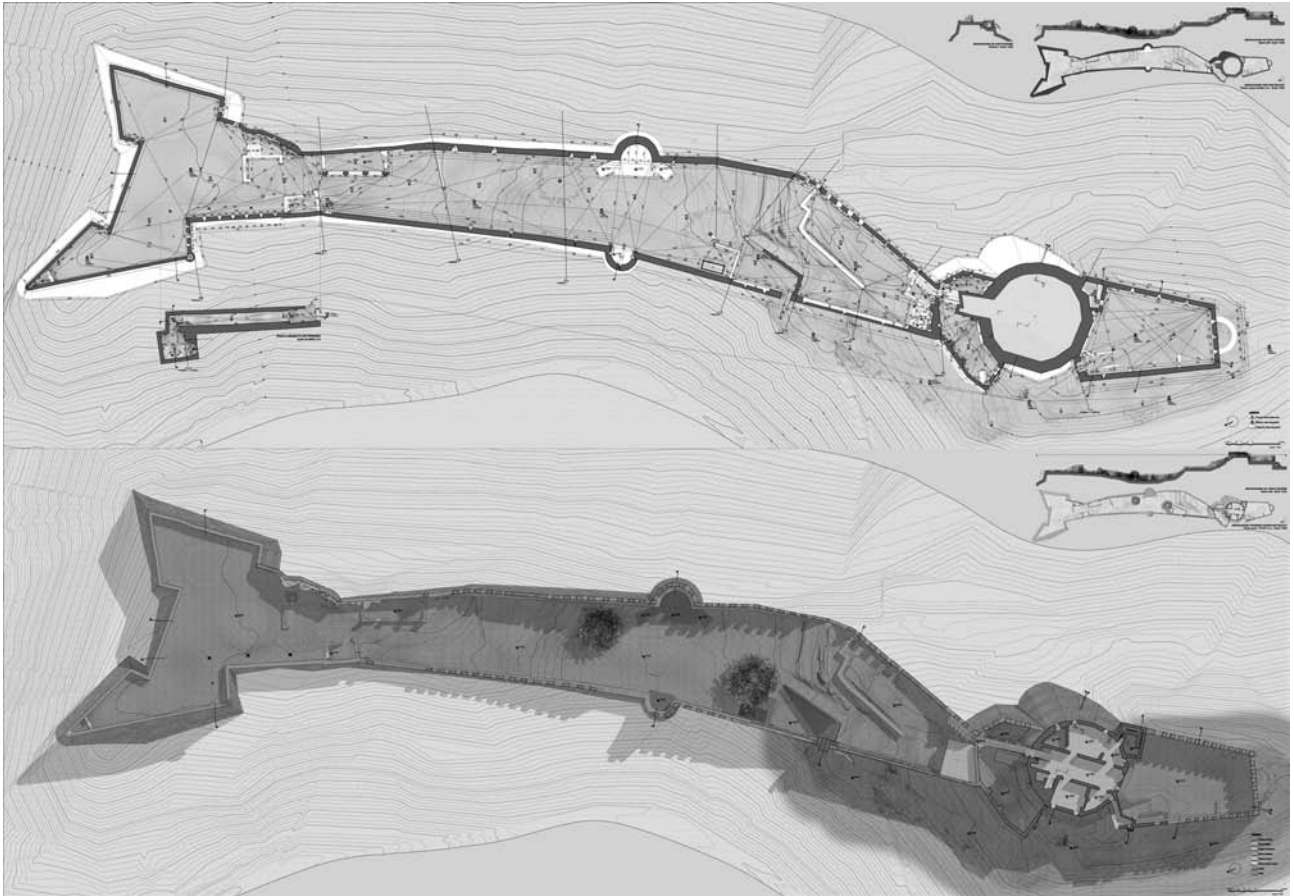


Figura 3: Planta a nivel variable, y planta a nivel +734.57 metros (s.n.m.) en representación materico-cromática (escala original 1:100)

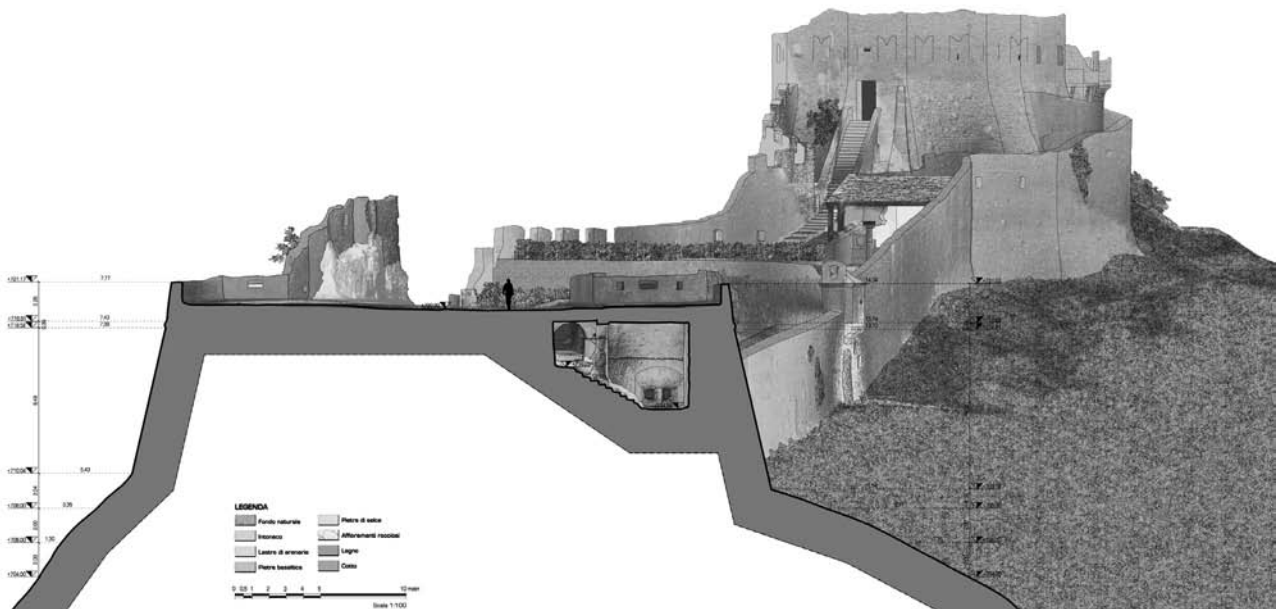


Figura 4: Sección transversal por la casamata subterránea (escala original 1:100)

Para una arquitectura de dimensiones considerables como la de la fortaleza de Verrucole, con objeto de “registrar” las 46 nubes de puntos, el método más sencillo y eficaz ha sido el de utilizar una serie de puntos comunes al conjunto de los barridos, identificados en sus dianas colocadas sobre la obra y levantadas mediante instrumentos topográficos. Operando así, los escaneados, por cuanto numerosos y complejos, han sido fácilmente congregados en un único modelo tridimensional estructurado según un sistema de referencia reconducido al origen, definido en el sistema topográfico. La aplicación de las dianas se realizó, obviamente, antes del inicio de las operaciones de escaneo, habiendo cuidado de distribuir las en un número suficiente y colocándolas, cuando era posible, sobre los puntos especialmente significativos de cada una de las superficies de la estructura de muros (por ejemplo en proximidad a la apertura) para facilitar, sucesivamente, su reconocimiento.

Las operaciones de análisis topográfico han sido conducidas con una estación total LEICA 706 de tipo no-prism, con la cual ha sido posible definir los dos polígonos cerrados que definen todo organismo arquitectónico. Desde las 20 estaciones realizadas se han determinado 106 puntos. La reelaboración de los datos se ha llevado a cabo con un software específico (Faro Scene, y Cyclone 5.1). Después de la primera limpieza de las nubes de puntos para eliminar el “ruido” (debido a los inevitables errores de medida cuando el instrumento empuja más allá de su radio de acción, bien a los fenómenos de reflexión de la luz debidos a la vegetación), ha sido necesario proceder a registrar la base topográfica de todos los escaneados, identificando una relación de correspondencia inequívoca entre las coordenadas cartesianas de las dianas objeto de análisis topográfico y los mismos puntos reconocidos en el interior de cada nube. Concluida esta operación, el modelo total presentó un error máximo de alineamiento en los puntos de menos fiabilidad de 8 milímetros, un resultado óptimo sobre todo teniendo en cuenta la escala de representación final (1/100).

La relación del dibujo bidimensional tradicional (plantas, alzados, secciones) de la fortaleza ha sido realizada a partir del modelo total en “nubes de puntos” del cual, gracias al auxilio de una serie de planos de corte horizontal y vertical, han sido extrapoladas imágenes a una altísima resolución (screen shot) sucesivamente trasladadas a CAD. Con el objeto de describir de manera completa todas las características del organismo arquitectónico, se ha decidido optar por una doble forma de representación que ha hecho posible obtener tanto las representaciones acotadas de todos los elementos geométricos, como el escaneado mismo oportunamente tratado.

En cuanto a la investigación histórico-arquitectónica, la operación de preparación para el análisis de la obra ha consistido en encuadrar la fortaleza en un correcto contexto histórico arquitectónico. En este tipo de estudio ha permitido adquirir información útil para poder desarrollar un análisis “riguroso”. Han sido investigadas sus fuentes bibliográficas e iconográficas, tanto las editadas como las inéditas. Partiendo de la escala territorial, ha sido analizada la estructura natural y la de los asentamiento del sistema de la Garfagnana, poniendo particular atención a las relaciones existentes entre la morfología del territorio y la de los núcleos habitados que forman parte de ella. A través de un progresivo “salto de escala” el interés finalmente se ha centrado en el asentamiento de Verrucole, lugar al pie de la colina que alberga los restos de la imponente fortaleza. Tales análisis han puesto en evidencia como un pequeño pueblo, a partir de un núcleo originario de casas rurales, probablemente durante el siglo XI, se ha desarrollado a lo largo del camino que conecta el eje Castelnuovo Garfagnana - Piazza al Serchio con la fortaleza. Esta regularidad sustancial del asentamiento urbano no es hoy rastreada en la configuración del asentamiento, donde intervenciones recientes de reestructuración han desnaturalizado el carácter típico de la arquitectura medieval.

El conjunto de los estudios específicos sobre la fortaleza han puesto en evidencia que el castillo, tal como aparece hoy, es el resultado de un largo proceso evolutivo que ha requerido muchos siglos. En origen, de hecho, sobre las colinas de Verrucole no había un solo organismo

fortificado, sino más concretamente dos estructuras distintas, situadas en dos altiplanos: la fortaleza Tonda y la fortaleza Quadra, de datación incierta pero dentro del siglo XI. A mediados del siglo XV, cuando el dominio de Verrucole pasa a manos de los Entensi, la potente familia decide iniciar un proceso de reestructuración y ampliación del fuerte, que requeriría más de un siglo, descomponiendo el asentamiento original. Inicialmente la fortaleza Tonda estaba levantada sobre un plano y tenía una cubierta inclinada, de modo que podía utilizarse, además de para la defensa, para refugio de los señores locales. Paralelamente se incrementan los mecanismos defensivos de la fortaleza Quadra. Tras el final del siglo XV y el inicio del XVI, Verrucole se convierte en un importante nodo de sistemas fortificados. Se decide transformar estas dos fortalezas en un único e imponente organismo militar, realizando dos largas cortinas murarias paralelas que siguen el recorrido de la cresta de la montaña. En el desarrollo del siglo XVI, el duque Alfonso d'Este confía al arquitecto Marco Antonio Pasi el encargo de actualizar el sistema defensivo del fuerte. El proyecto que presenta Pasi en 1564 prevé el abatimiento de la fortaleza Quadra y la realización en su lugar, reutilizando el material de construcción, de dos imponentes sistemas de bastiones: el colocado al Norte y conservado hasta hoy intacto, mientras que la fortificación en estrella prevista originalmente al Sur no ha sido nunca realizada a causa de una progresiva desmilitarización de área desde el 1600.

Tras siglos de abandono y degradación, en los últimos 20 años la fortaleza ha sido objeto de una intervención de restauración y saneamiento de conservación que ha sacado a la luz gran parte de la estructura muraria. Hoy, la zona más imponente y elevada del complejo militar está constituida por la fortaleza Tonda, torreón asentado sobre planta poligonal, cuya estratigrafía de los muros revela como el organismo fue originalmente una estructura baja y tosca dotada de almenas ghibellinas ocultas detrás del levantamiento del muro. De los dos pisos originales de la fortaleza se ha conservado solo uno, cubierto por una terraza panorámica de madera de nueva realización, desde la cual los turistas pueden disfrutar de una de las mejores panorámicas de Garfagnana. La conformación del fuerte está caracterizada por la presencia de las dos cortinas de muros que, interrumpidas a mitad de su extensión por dos torres semicirculares, presenta casi intacto el conjunto de almenas güelfas, el camino de ronda y las particulares fisuras desde las cuales observaban y atacaban a los enemigos. La estructura culmina, finalmente, con un imponente sistema de bastiones, lograda obra militar Renacentista, que se configura como una vasta plaza de armas, que cubre un particular ambiente subterráneo denominado “cassamatta”, cuya boca de fuego era empleada para la defensa a rasante del único acceso al fuerte, ubicado, tanto antes como ahora, en el lado Noroeste.

2.3 Resultados

La información histórico-arquitectónica del complejo monumental, compuesta del análisis sistemático de su estructura, ha sido utilizada como base para la elaboración de una propuesta de reutilización de la fortaleza en vistas a un programa de recuperación de toda la red de castillos de la Garfagnana. Garantizado el respeto absoluto por la configuración morfológica del monumento, ha sido posible realizar un proyecto que permite un uso completamente nuevo respecto al original. La particular posición de la fortaleza, que domina todo el valle del río Serchio garantizando la visibilidad de cualquier punto de este territorio, ha sido la clave para proponer la elección de Verrucole como “centro de interpretación” al sistema fortificado Garfagnanino. Para llegar a tal finalidad se han proyectado una serie de estructuras de servicio (un punto informativo, una sala de conferencias y un centro de estudio de la arquitectura fortificada) utilizando la obra preexistente, abriendo nuevos vanos (donde era necesario y también en el subsuelo) y recuperando, mediante nuevos volúmenes en acero y vidrio de fuerte identidad arquitectónica, las dos polaridades que caracterizaban originalmente la obra (la fortaleza Tonda y la fortaleza Quadra), consiguiendo así no solo reestablecer la relación original entre la fortaleza y el territorio, sino además tener una percepción más completa del organismo entero.



Figura 5: Hipótesis de la formación de la fortaleza de Verrucole: FASE 1 (período malaspiniense, segunda mitad del siglo XIV)

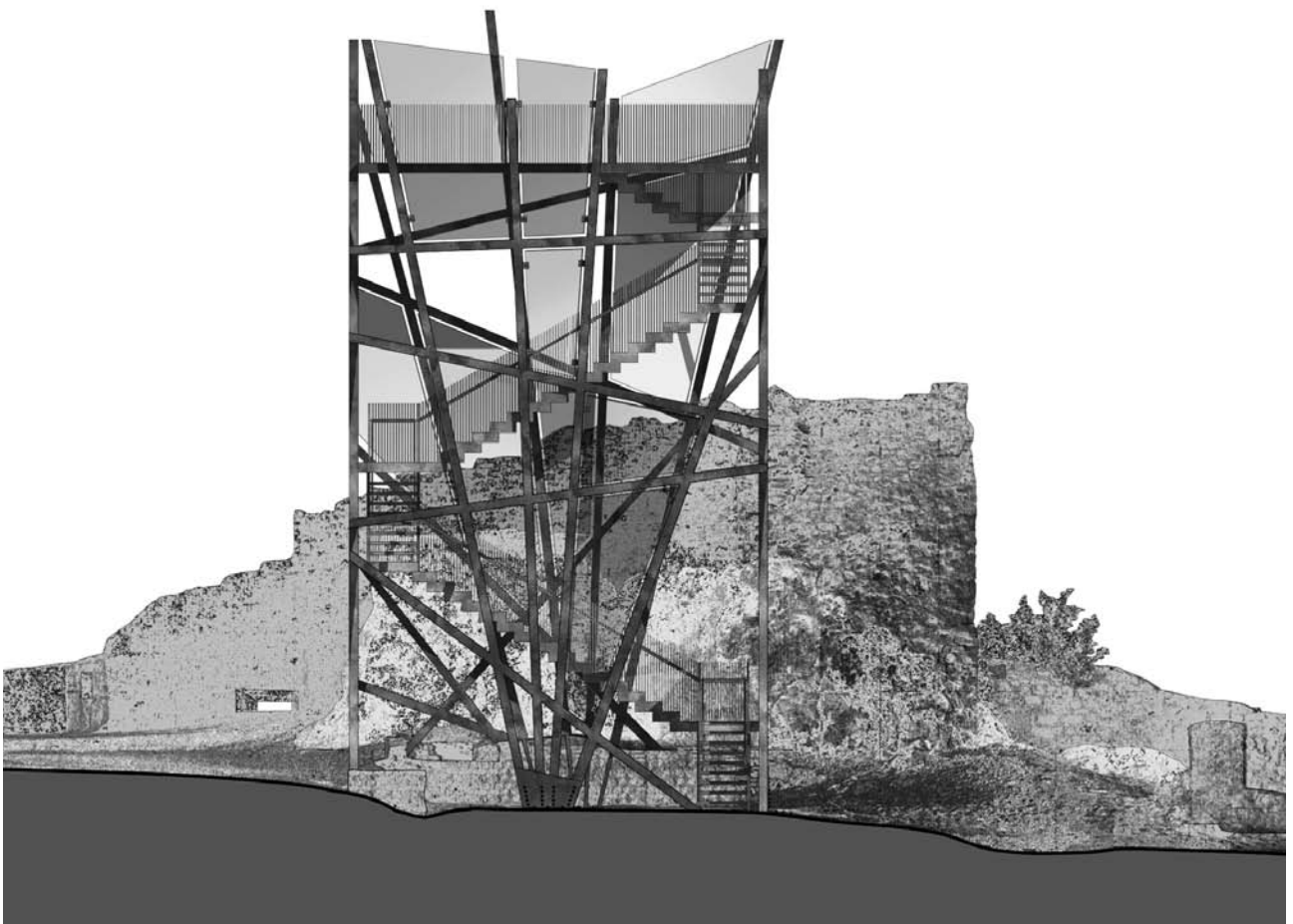


Figura 6: Alzado noroeste con propuesta de restitución de la "torre cuadrada" utilizada como punto panorámico



Figura 7: Imagen nocturna del alzado suroriental de la fortaleza; en evidencia los volúmenes reconstruidos de la fortaleza "redonda" y de la fortaleza "cuadrada"



Figura 8: Vista aérea del castillo de Aramo



Figura 9: Plaza San Frediano. En rojo los puntos topográficos levantados



Figura 10: Porción de la sección AA del modelo 3D de las nubes de puntos

3. EL LEVANTAMIENTO INTEGRADO DEL CASTILLO DE ARAMO

3.1 Objeto

La experiencia desarrollada sobre el hábitat de Aramo (Pescia, Pistoia) de un conjunto de investigaciones realizadas por el Departamento de Proyectos Arquitectónicos de Florencia, ha conseguido verificar la posibilidad de diálogo, gracias al software utilizado, entre estos dos aspectos del análisis informatizado: la calidad urbana establecida en una base de datos y el modelo tridimensional mesurable "en nube de puntos" del interior del asentamiento amurallado. La potencia ofrecida por este nuevo instrumento, que funciona a todos los efectos como un SIG 3D, se muestra de extrema actualidad en cuanto permite una aproximación más eficiente al "sistema de conocimiento"

necesario para una tutela del patrimonio arquitectónico-histórico, que puede definirse como responsable.

El Castillo alto medieval de Aramo, documentado a partir de finales del siglo X, controlaba el acceso a la Valleriana, sistema montañoso formado por el valle de Forfora y el valle de Torbola y coloquialmente llamado Svizzera Pesciatina. Lugar remoto, poco habitado y casi sin servicios, este pueblo está caracterizado por un innegable valor paisajístico. La posición sobre la cresta ofrece además las mejores vistas panorámicas del territorio pesciatino. Las dos iglesias con sus respectivas torres, el circuito de murallas y el peculiar tratamiento de las construcciones residenciales, lo hacen digno de interés histórico y arquitectónico (como otras realidades presentes en el territorio italiano). Pero Aramo requiere una especial atención por parte de aquellos sujetos que, sobre la base de un profundo conocimiento de su

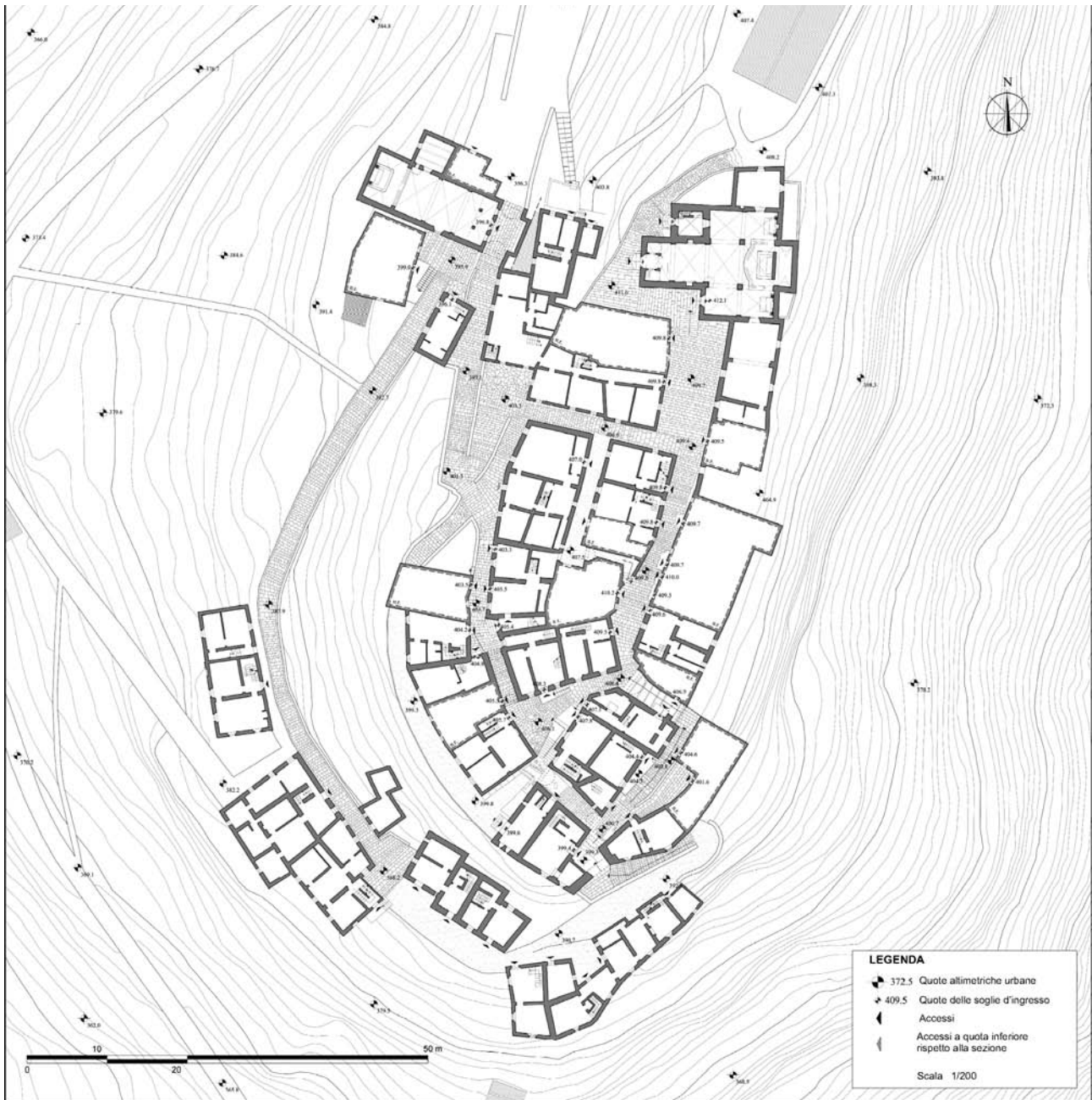


Figura 11: Plano de las plantas baja de los edificios de Aramo realizadas por medio del montaje de los mapas catastrales

patrimonio, tienen el deber de disponer los medios adecuados para su gestión, garantizando así que los inevitables procesos de transformación se realicen dentro del respeto a la identidad del lugar. De estas consideraciones nace el “proyecto piloto” de Aramo que han desarrollado el Departamento de Proyectos Arquitectónicos de Florencia, la CAM2 s.r.l. de Torino, la Topotek s.r.l. de Brescia, el Ayuntamiento de Pescaia y la fundación CARIPIT, comprometidos, cada uno en base a sus propias competencias, con la realización de un instrumento informático capaz de relacionar entre ellos, mediante simples interrogantes, los atributos cualitativos con los cuantitativos y viceversa.

Se ha pretendido, por lo tanto, “anclar” los aspectos geométricos y dimensionales, insertados en el modelo tridimensional “en nube de puntos” del pueblo, a un sistema de información proveniente de la clasificación de los datos de la cualidad urbana y de edificios, con la

finalidad de obtener una plataforma integrada de datos útiles para poder administrarlos correctamente.

3.2. Metodología: Las operaciones de análisis topográfico y laserscan

Casi la totalidad del patrimonio construido del pueblo de Aramo (fachadas de edificios, cortinas murarias y el pavimento de las calles) ha sido analizado mediante un scanner láser FARO LS CAM2 en una campaña de solo dos días. La lógica con la que se han distribuido las 29 estaciones en el interior del pueblo ha sido la de obtener, por cada obra, una cobertura de puntos suficiente para describirlo al detalle. Algunas dificultades se han presentado en el momento de analizar calles de reducidas dimensiones, en las cuales el escáner ha tenido que operar en ambiente con un eje transversal muy contenido (anchura de la calle) y uno longitudinal muy alargado (desarrollo

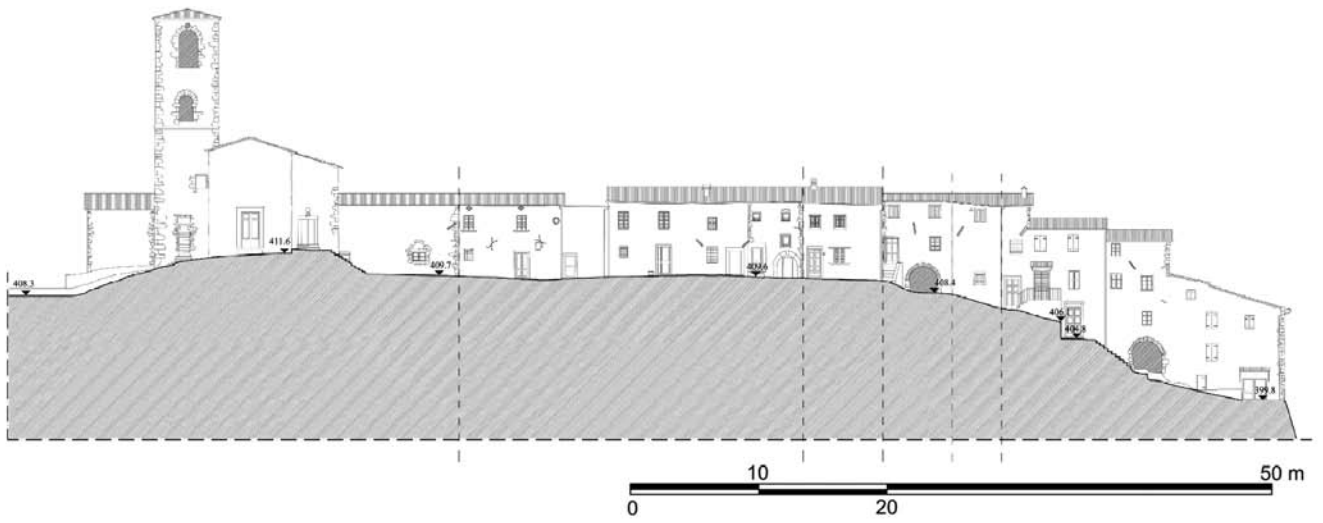


Figura 12. Frente urbano, sección AA

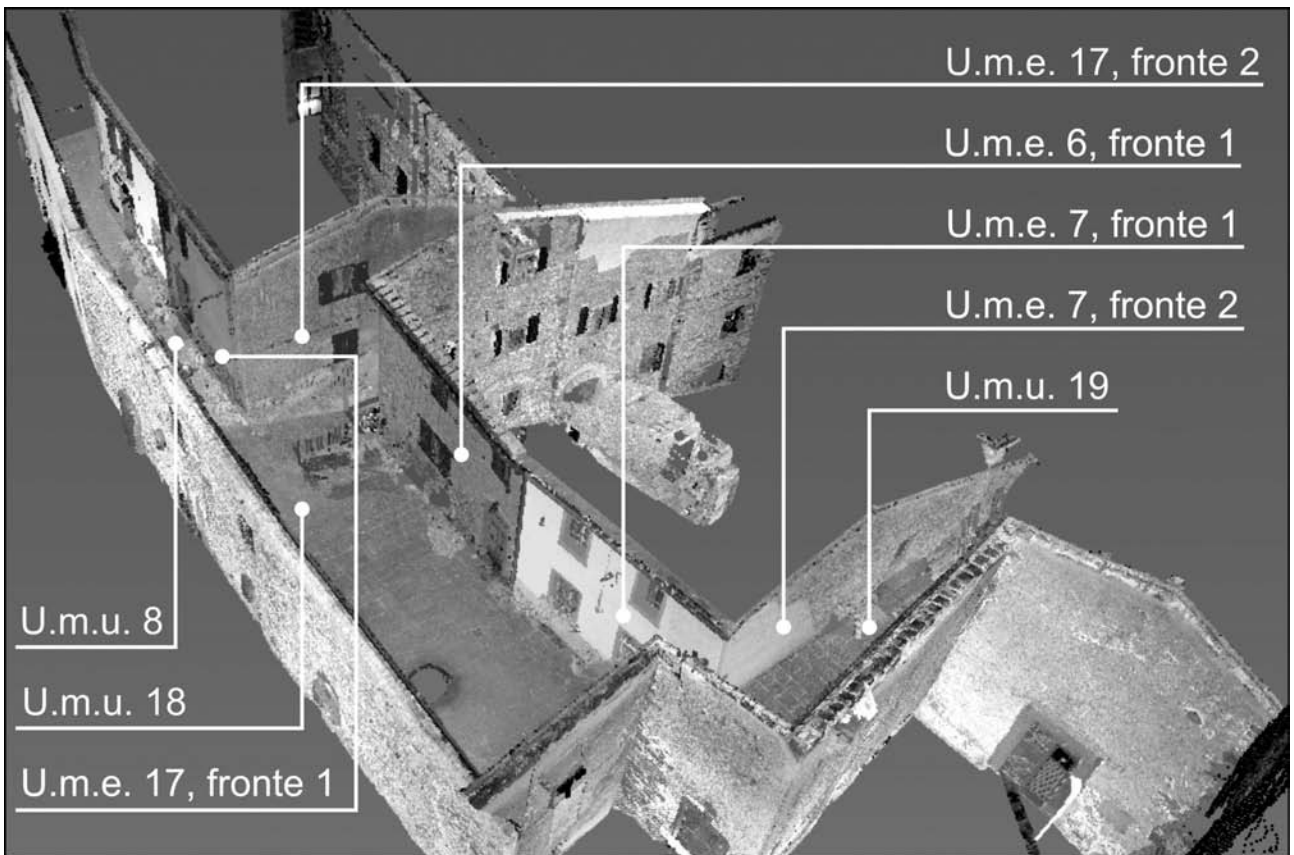


Figura 13 La subdivisión en frentes y en unidades mínimas de la plaza de San Frediano

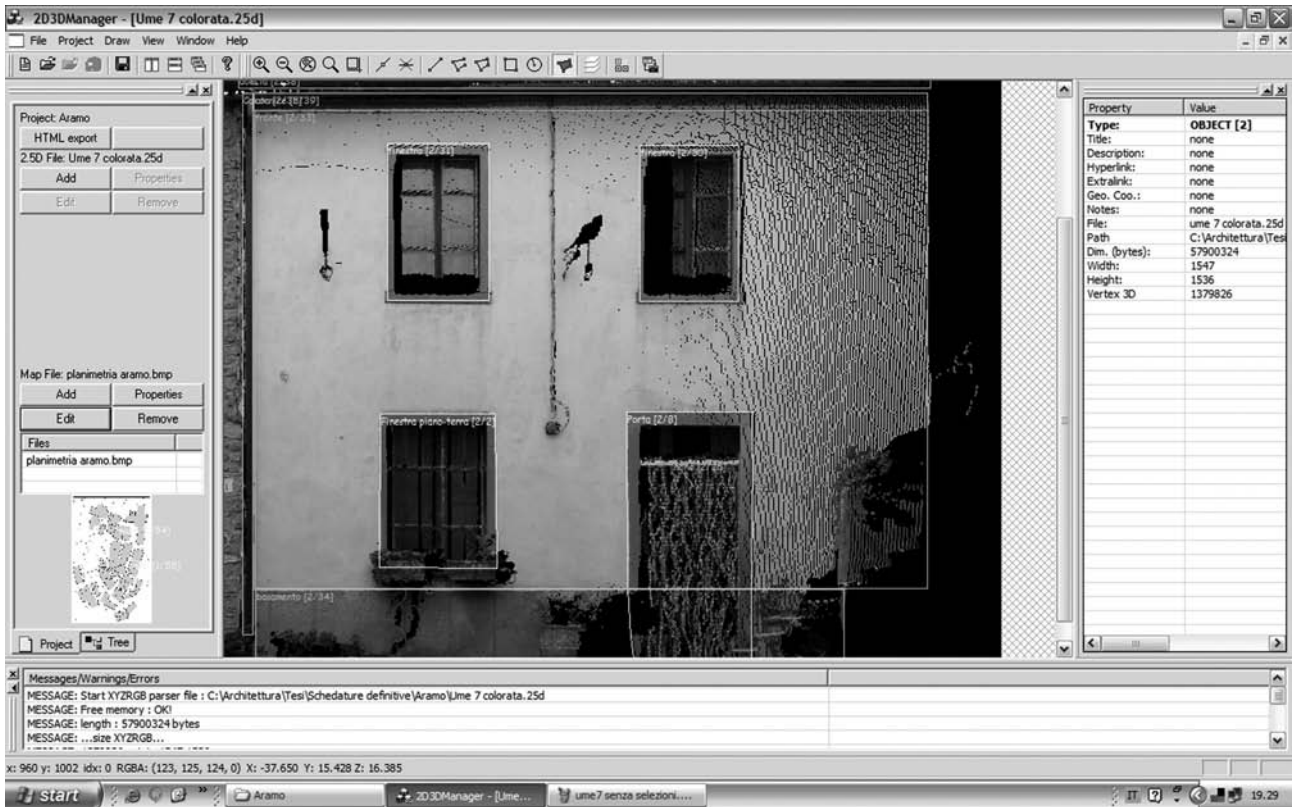


Figura 14. "Virtual scan" de una de las frentes de la plaza de San Frediano con algunas capas temáticas evidenciadas

de la misma), en los cuales el veloz incremento del ángulo entre la normal y la superficie a analizar (por ejemplo los muros de un edificio expuestos a la calle) y el rayo láser, combinado con el paso angular constante del láser mismo, han hecho que la densidad de puntos recogidos degradase muy rápidamente con el alejamiento de la estación de toma. Para contrarrestar este inconveniente se ha decidido aumentar, donde ha sido necesario, el número de las estaciones. La misma solución ha sido adoptada para resolver otro problema ligado a estos espacios, el cual se refiere a las zonas de sombra generadas por los cuerpos salientes tomados de la pared (como balcones, floreros o farolas) que se encuentran muy próximos a la fuente del láser. Las operaciones de análisis han dado como resultado 29 archivos en formato fsl (faro láser scan) conteniendo cada uno una nube formada por 10.000.000 puntos referenciados respecto de los tres ejes cartesianos con origen en el punto de emisión del láser. Las nubes han sido primero filtradas a fin de eliminar partes no deseadas y ruido de fondo y, sucesivamente, "registradas" en secuencia unas con otras en relación a una malla formada ya sea por las dianas, como por puntos inequívocamente reconocibles sobre las fachadas y los planos de las calles. Paralelamente se llevó a cabo una campaña de análisis topográfico (542 puntos sacados de 21 bases) con una estación total Leica TCR 705. El software del que se ha dotado al escáner ha permitido efectuar, contemporáneamente al escaneo, una campaña fotográfica: el programa era capaz de incluir la cámara de fotos Nikon D70 (que tiene ojo de pez) realizando una secuencia de imágenes suficientes para cubrir el área de levantamiento del mismo escáner. Este aporte ha permitido, a través de procesos automáticos, atribuir valor cromático a cada punto levantado. Tal procedimiento, que facilita mucho la comprensión del objeto y hace la gestión de las nubes mucho más intuitivas con respecto a las tradicionales visualizaciones en valores de reflexión, ha hecho posible además obtener alzados coloreadas de las fachadas directamente de las nubes de puntos, y ya no a través de engorrosas operaciones de rectificación de fotografías.

Para la sistematización del patrimonio edificado, el estudio de la cualidad relativa al contexto construido de Aramo fue estructurado subdividiendo preliminarmente el castillo en sus componentes arquitectónicas y urbanas. Dentro del primer componente están los edificios de "base" (casas en línea, etc.), aquellos considerados "especiales" (iglesias y oratorios) y las emergencias (fortalezas y torres); en segundo se hace referencia al sistema de caminos (de instalaciones, de conexiones, de matrices) y aquellos de nudos y polos (las plazas).

Por cada una de estas categorías fue reconocida la unidad mínima que las constituye: unidad mínima urbana (U.M.U.) y unidad mínima edificada (U.M.E.). La estructura del esquema fue importada según esta misma lógica dual. Las fichas tipo predispuestas para ser compiladas in situ fueron por lo tanto pensadas para poder ser fácilmente introducidas en las bases de datos de Access, físicamente separadas pero relacionadas entre ellas. La información recogida se refirió mayoritariamente a la calidad de las obras y a su estado de conservación, tal y como es percibida desde el espacio público. Se obtuvieron, entonces, campos relacionados al tipo de muros, a los marcos o a los sistemas de oscurecimiento, para la base de datos de la edificación, o a los elementos de decoración o a la calidad de la pavimentación en el otro. Todos estos aspectos formaban, considerados en su conjunto, la imagen completa del espacio urbano. Durante la digitalización los datos fichados fueron filtrados, estudiados y subdivididos en categorías homogéneas. La arquitectura de las dos bases de datos, hechas las debidas excepciones, referente a los diversos temas tratados, es idéntica. Para la base de datos de la unidad mínima edificada (U.M.E.), por ejemplo, se ha realizado a una división de los inmuebles en frentes (planos verticales que delimitan la unidad de análisis), imponiendo una relación "uno a muchos" (one to more) entre la unidad mínima y los mismos frontales (a cada unidad mínima es posible por lo tanto asociar uno o mas frentes). A cada frente fueron después unidas, todavía según la relación "uno a muchos", ulteriores informaciones,

por ejemplo, sobre la morfología de las aperturas, la tipología de muros o la presencia de líneas de instalaciones.

El último nivel de esta estructura jerárquica estuvo representado por el tipo de degradación de los elementos, atribuido en forma de respuesta cerrada respecto a un elenco codificado, y de la distribución del mismo. Los campos de tipo “degradación” y “distribución de la degradación”, sin la pretensión de sustituirse a un estudio detallado de fenómenos patológicos de los frentes edificados, consienten una primera evaluación del estado de conservación de las obras.

3.3. Resultados: El SIG de gestión de las cualidades ambientales

Una vez obtenido el modelo “en nube de puntos” del interior del pueblo, este fue subdividido según la lógica organizativa “de la base de datos”. Cada porción correspondiente a los frentes edificados por el U.M.E. y el plano de las calles por el U.M.U., fue proyectada ortogonalmente sobre planos verticales, o sobre planos horizontales, dependiendo de si se trataba de U.M.E. o de U.M.U. originando las nuevas vistas que toman el nombre de “virtual scan”. En general, los virtual scan son proyecciones de parte de un modelo; tales proyecciones pueden ser obtenidas tanto de centros propios como de centros impropios, y la particularidad de estas “vistas” está en el hecho de que los puntos proyectados en un plano no pierden su tridimensionalidad, pues conservan las propias coordenadas espaciales. La decisión de utilizar, en el caso de estudio, las proyecciones ortogonales (con planos de proyecciones de tramo en tramo paralelas a la unidad mínima analizada) se ha tomado no solo para mantener invariables las características geométricas de las mismas, sino también de identificar en modo sencillo e inmediato el conjunto de los puntos (que definen los objetos) asociados a la base de datos.

El software Topotek permite, una vez importadas las nubes en formato ptx pertenecientes a cada escaneo virtual, mover grupos de puntos en diferentes capas (a través de seleccionadores rectangulares, circulares-elipsoidales o poligonales genéricos) y asociar a ellos las mismas claves de las tablas de Access (o de otras filas genéricas). Un “plug-in” del 3DManager, ideado para la finalidad específica de este estudio, consigue visualizar y manejar los datos a través de un navegador simple e intuitivo constituido por una imagen raster, en la que sus píxeles, en determinadas áreas a elección del operador, son interactivos. Cliqueando con el ratón en cada una de estas superficies se tiene el acceso al escaneo virtual relativo. En el caso de Aramo se decidió utilizar como base del análisis una planimetría del castillo, hecha sensible en los correspondientes píxeles indicativos de las fachadas edificadas y de las sedes de las calles.

Una vez individualizado el tema de análisis, dos son los posibles caminos para acceder a la información. En el primer caso será suficiente activar la capa correspondiente para visualizar directamente sobre los virtual scan, gracias a un color diferente, las obras asociadas para después, por estos mismos, acceder a la base de datos. El segundo prevé en cambio la posibilidad de interrogar a la base de datos mediante las query, que a su vez redirigen al escaneo virtual. En ambos casos, los virtual scan cumplen un papel fundamental, garantizando en cada momento la posibilidad, por parte del operador, de realizar levantamientos directamente en el modelo 3D. Por lo tanto es siempre posible medir, por ejemplo, el saliente de un balcón o de un elemento de decoración, respecto al plano de fachada y, sobre el mismo plano, la altura o la dimensión de una puerta, de una ventana o de cualquier elemento visible.

NOTAS

¹ Tomemos, por ejemplo, el problema relacionado con el uso de software de gestión de los modelos 3D: las operaciones en estos modelos, o sus representación según sistemas de proyección cónica o cilíndrica, se produce a través de complejas operaciones de geometría analítica (mediada por lenguaje de programación) que, salvo raras excepciones, no sólo el operador es incapaz de gestionar, sino que ni siquiera conoce. Diferente era la situación en la cual las mismas operaciones eran llevadas a cabo por medio de la geometría descriptiva, en cuyo caso el operador, con las mismas herramientas que pertenecían a su conocimiento científico-disciplinar, era capaz de administrar conscientemente todo el proceso.

BIBLIOGRAFIA

MERLO A, TROIANO D., ZUCCONI M., (2007) *Sistemi e mezzi informatici per il rilievo, la catalogazione e la gestione del patrimonio edilizio*, in “E-arcom’07”, actas del congreso, Ancona.

AUTORES

Francisco Juan Vidal es Arquitecto por la ETSAV, Doctor en Arquitectura por la UPV, profesor del Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica de la UPV, Investigador del IRP, Subdirector de Post-Grado de la ETSAV y Director del Master Oficial en Conservación del Patrimonio Arquitectónico de la UPV.

Alessandro Merlo es Arquitecto por la *Facoltà di Architettura di Firenze*, Doctor en el programa “*Rilievo e Rappresentazione dell’Architettura e dell’Ambiente*” de la *Università degli Studi di Firenze*, Profesor de “*Rilievo Urbano e Ambientale*” en el *Dipartimento di Progettazione dell’Architettura (Sezione Architettura e Disegno)* de la *Facoltà di Architettura di Firenze*. Es miembro del UID, del ISUF internacional, del ISUF Italia, y presidente del CISPOT.

English version

TITLE: *New Applications of Integrated Elevation*

ABSTRACT: *Knowledge of the Architectural Heritage is essential for its protection and valuation. The elevation (rilievo) is the first step to understanding the concept. The power of the actual tools that serve the elevation (scanner laser, three dimensional models, SIG...) is hardly made use of, but when is needed, is used to accelerate and improve the methods of the conventional elevation.*

This article deals with experiences orientated to the major use of this potential power. Such is the case with the evaluation of the re-use of these complexities (the cases of Verrucolo). Or the case with the verification of the dialogue between the two aspects of an urban analysis: the “environmental” quality established in a data base and the three dimensional model in “points in the clouds” of an urban setting (the case of Aramo).

KEYWORDS: *Scanner laser, integrated elevation, relief, SIG 3D, three-dimensional model*