

LA MEDIDA Y REPRESENTACIÓN DEL PATRIMONIO: ALTERNATIVAS Y CRITERIOS DE SELECCIÓN

JOSÉ MANUEL VALLE MELÓN*

RESUMEN

Con la presente comunicación se pretende realizar un acercamiento a la problemática específica de la medida y representación de los elementos patrimoniales. Dada la multiplicidad de significados del concepto de patrimonio, se realiza una propuesta de alcance conceptual. Seguidamente, y teniendo en cuenta la diversidad patrimonial, así como de modalidades de intervención para su documentación, se realiza una exposición de las técnicas y métodos aplicados más habitualmente, con indicación de sus características principales, proponiendo unas claves para seleccionar aquellas que resulten más adecuadas en función de los requerimientos técnicos y sociales.

Palabras clave: Patrimonio, medida, representación, documentación geométrica, topografía, fotogrametría.

With the current paper, an approximation to the specific problem about the measurement and the representation of the cultural heritage elements are carried out. Because of many meanings of the concept of the cultural heritage, a conceptual proposal is expounded. Taking account the diversity of cultural heritage and the ways of intervention for preparing its documentation, an exposition about techniques and methods with their technical characteristics is carried out. Finally, keys to choose the more suitable techniques and methods depending on technical and social request are proposed.

Key words: Heritage, measurement, representation, geometric documentation, survey, photogrammetry

* Universidad del País Vasco.jm.valle@ehu.es. <http://www.ldgp.es>

0. INTRODUCCIÓN

En los comienzos del siglo XXI, el patrimonio resulta un elemento complejo, objeto de investigación, difusión y comercio, fuente de dinamización económica y blanco de colectivos diversos. Esta situación genera intereses muy dispares que se manifiestan unas veces de forma directa sobre los elementos patrimoniales, y otras a través de los registros y reproducciones de los mismos.

La complejidad y amplitud del concepto de patrimonio obliga a comenzar con una síntesis conceptual en la que se enmarquen su medida y representación, estableciendo qué parte del mismo puede ser registrado por medio de medidas, qué información aportan éstas y cuáles son sus aplicaciones.

En este contexto, se han de analizar los instrumentos y métodos de medida empleados con mayor frecuencia en el patrimonio, indicando las precisiones esperables y su ámbito de aplicación en función de las mismas. Abordado el tema de la medida, es decir el apartado cuantitativo del registro geométrico, se tratará de dar cualidad a la misma por medio de su representación gráfica, analizando las diferentes técnicas disponibles, sus alternativas, aplicaciones y los requerimientos, fundamentalmente técnicos, que precisan.

Finalmente, se exponen unos criterios básicos de selección tanto de los métodos de medida, como de los de representación, más adecuados para cada tipo de patrimonio.

2. EL CONCEPTO DE PATRIMONIO

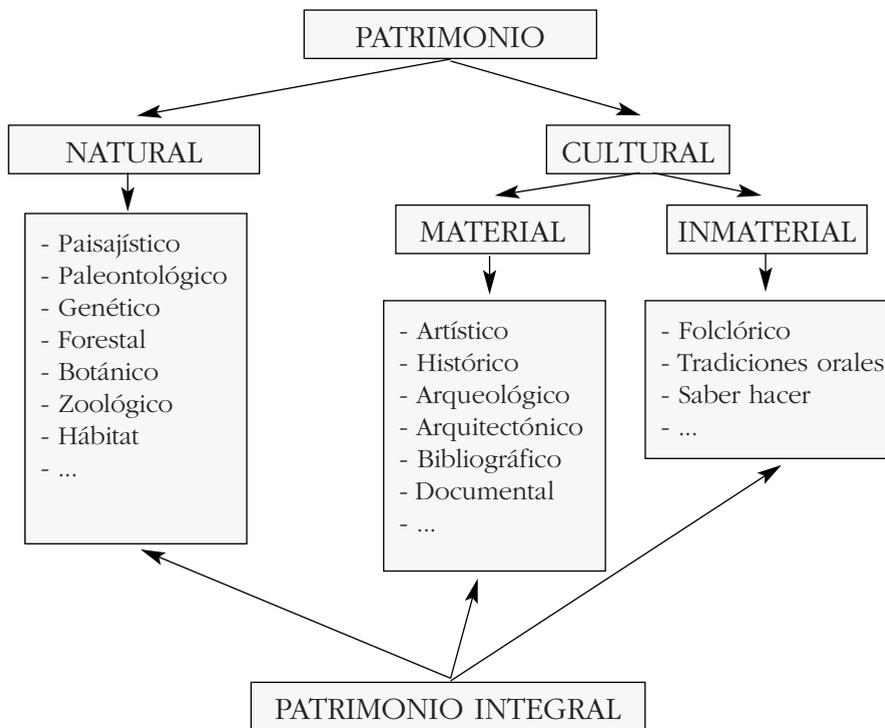
Es cuantiosa la bibliografía existente referente al patrimonio, siendo también numerosas las entidades e instituciones internacionales como la UNESCO, el Consejo de Europa, el ICOMOS, etc., que han generado sus propios documentos, definiciones y relaciones de elementos patrimoniales. No hay que olvidar la jurisprudencia generada en forma de reglamentos, leyes y decretos emanados en España, desde la Constitución hasta las entidades locales, pasando por las Comunidades Autónomas y Diputaciones, cada una con su propia definición de patrimonio. Esta multiplicidad de definiciones, la dispersión de las mismas, junto con la amplitud de materias, objetos y ciencias que abarca, no consigue fijar el foco sobre el alcance de este concepto, planteándose como un sustantivo polisémico en función del punto de vista y los objetivos de quien lo evoque.

Tratando de aportar herramientas para el conocimiento y difusión del patrimonio por medio de su medida y representación, se hace necesario establecer un concepto amplio de patrimonio que permita, desde un punto de vista global, sustentar los criterios tanto de la medida como de la representación, tan empleados por todos los colectivos e instituciones implicados en su gestión.

Teniendo en cuenta la bibliografía, las premisas anteriormente expuestas y la definición del patrimonio desarrollada en el diccionario de la Real Academia Española de la Lengua, junto con la vigente ley de patrimonio histórico español, de 1985, se presenta una definición de patrimonio, coherente con lo expuesto hasta este momento, aunque no por ello más o menos acertada que el resto.

El patrimonio está constituido por todo aquello que se transmite de unas a otras generaciones y que es considerado como valioso, siendo esta consideración asignada socialmente por diversos motivos y circunstancias, pudiendo, por tanto, cambiar en función de la coyuntura.

La clasificación de los elementos patrimoniales, emanada del propio concepto de patrimonio, resulta a su vez complicada, existiendo diversas formas de afrontarla. Como ejemplo, la tradicional división entre Patrimonio Natural y Patrimonio Cultural, con los consiguientes subapartados, de extensión casi ilimitada, que poseen su propia tipología, casuística y en el mejor de los casos hasta normativa de intervención propia. Pero en el presente existe una corriente más globalizadora (QUEROL, M.A., y MARTÍNEZ, B. 1996) que entiende el patrimonio como un todo, se trata de la visión integral del mismo que abarca la totalidad de los tipos patrimoniales, aportando además una visión integradora sobre su tratamiento. En el siguiente gráfico se han sintetizado estas clasificaciones.



Graf. 1.- Clasificación del patrimonio

Desde este punto de vista es posible afirmar que prácticamente todo puede llegar a ser considerado como patrimonio, motivo por el que dentro de esta aparente ambigüedad y amplitud, debe ser seleccionada aquella parte del mismo sobre el que la medida aporta información fundamental para su estudio, gestión y difusión.

3. LA MEDIDA Y LA REPRESENTACIÓN COMO DOCUMENTACIÓN DEL PATRIMONIO

Al documentar un elemento del patrimonio se mantiene, administra e incrementa la información existente sobre él (BALLART, J. y TRESSERRAS, J., 2001), pudiendo existir dos tipos de documentos, los asociados a las operaciones de registro y los relacionados con el estudio e investigación, conservación y difusión.

La medida y representación del patrimonio entrarían dentro de esta segunda categoría de documentación del patrimonio, siendo depositaria del aspecto geométrico de la realidad preexistente, y constituyendo, por tanto, lo que puede ser denominado como Documentación Geométrica del Patrimonio.

En principio todo el patrimonio es registrable, bien por medios de grabación de la imagen, sonido, o bien a través de su inventario y catalogación; pero sólo el patrimonio tangible es medible al poder ser comparado, de una u otra manera, con un patrón, ya que la principal característica de los objetos, y como tal del patrimonio tangible, es que ocupan espacio, es decir tienen tres dimensiones y no pueden estar al mismo tiempo en dos lugares distintos. Por otro lado, las cosas, objetos, artefactos representan las únicas pruebas que la humanidad posee para avalar las recreaciones que suponen las aproximaciones históricas a cualquier acontecimiento (por cercano que éste se encuentre al momento actual, todo relato histórico se halla impregnado de subjetivismo motivado por infinidad de condicionantes), su conocimiento morfológico, dimensional y espacial aporta claves fundamentales para sustentar las teorías históricas. Lo mismo se puede decir de las huellas que el pasado ha dejado en el paisaje, subsuelo, e incluso en el espacio, huellas éstas que permiten fundamentar teorías geológicas y astronómicas.

De la misma manera los objetos que conforman el patrimonio, lo materializan (este hecho puede considerarse cierto hasta en el caso del inmaterial, en que si no se materializa de alguna manera no puede ser transmitido, ni elevado a la categoría de patrimonio). Esta materialización, debe ser preservada en la medida de lo posible, ya que también ella pasa, en muchos de los casos, a formar parte del patrimonio.

A los registros obtenidos, tanto en el caso del patrimonio tangible como en el intangible, les pueden ser aplicados tratamientos en los que se realicen, recuentos de palabras, o gráficos con la intensidad sonora, niveles de graves y agudos, etc., pero entonces no se estará midiendo sobre el elemento patrimonial, sino sobre el registro, que supone, en el mejor de los casos, un modelo de la realidad registrada.

Por tanto, diferenciaremos entre registro, que será cualquier sistema de almacenamiento de alguna de las características del elemento patrimonial, y la medida, que corresponderá con la cuantificación de alguna de las características geométricas del elemento patrimonial. Es por ello que la medida puede ser considerada un registro, pero no todos los registros pueden ser considerados medidas.

La información que aporta la documentación geométrica del patrimonio, puede ser fijada en tres ámbitos, por un lado la disposición espacial, por otro la forma, y finalmente las dimensiones.

- Disposición espacial, posibilita la ubicación del elemento patrimonial de una forma global, respecto a un sistema de referencia planetario, al mismo tiempo que indica la orientación, dato este fundamental para el análisis arqueológico

de determinados objetos, como ejemplo se pueden citar los círculos de piedras megalíticas, las pirámides de Egipto, o las cabeceras de determinadas iglesias.

- La forma supone la superficie de contacto entre el propio elemento patrimonial y lo que no lo es, lo que permitirá conocer y delimitar el objeto, su entorno y las relaciones existentes entre ambos.
- Las dimensiones cuantifican la forma y aportan conocimiento sobre su tamaño.

La medida, obtenida por cualquiera de los métodos que se obtenga, supone únicamente y en sentido estricto una sucesión de datos numéricos que aportan, coordenadas, distancias, o ángulos. Será la representación, la que transformará esta información cuantitativa en información cualitativa comprensible y fácilmente manipulable

Las aplicaciones de la medida del patrimonio son múltiples; por un lado, el conocimiento de la forma junto con las dimensiones permitirán la reproducción o reconstrucción del elemento documentado, retrotrayéndolo a la situación en la que se encontraba en el momento de la documentación. De la misma manera, la documentación de las intervenciones sobre elementos patrimoniales resultan imprescindibles, ya que la mayoría de ellas son lesivas para el estado previo a la intervención del elemento patrimonial, pudiéndose ver afectado de manera irrecuperable. El registro se hace tanto o más necesario cuando una parte del elemento patrimonial va a ser eliminado en favor de otro, por ejemplo eliminación de una fase posterior para la obtención de la repristación de un monumento, o en cualquier excavación arqueológica en la que cada nivel que se excava es eliminado a favor de los que quedan a la vista.

Tampoco hay que olvidar que la medida y posterior representación del patrimonio, sirven de soporte para la articulación de otros conocimientos e investigaciones sobre el mismo, facilitando su gestión y mantenimiento, además de favorecer su difusión y divulgación, lo que a la larga redundará en un aumento del interés y la participación de la población en su preservación.

4. LA MEDIDA DEL PATRIMONIO

Una primera aproximación al problema del registro de las cualidades geométricas del patrimonio aconseja la división de éste en dos niveles; por un lado, los bienes muebles y, por otro, los inmuebles. Las estrategias de aproximación a uno y otro problema son totalmente diferentes; el elemento mueble permite, en la mayoría de los casos, su desplazamiento a laboratorio donde la medida se realiza por comparación con un instrumental calibrado y con trazabilidad contrastada respecto a un patrón certificado. En este caso, los instrumentos y métodos más utilizados son calibres, flexómetros, máquinas medidoras de coordenadas, e incluso escáner 3D de corto alcance o de triangulación. Si el elemento patrimonial es inmueble y las dimensiones lo requieren, se utilizarán sistemas de medida de coordenadas indirectos, que habrán de ser debidamente referidos a un sistema, preferentemente global, de coordenadas. Las técnicas y métodos empleados en éste caso serán topográficos, fotogramétricos y escáner 3D de tiempo de vuelo.

A su vez, los sistemas instrumentales y metodológicos de medida utilizados en la documentación o medida geométrica del patrimonio, pueden ser clasificados fundamentalmente en: lineales, planimétricos, altimétricos y tridimensionales.

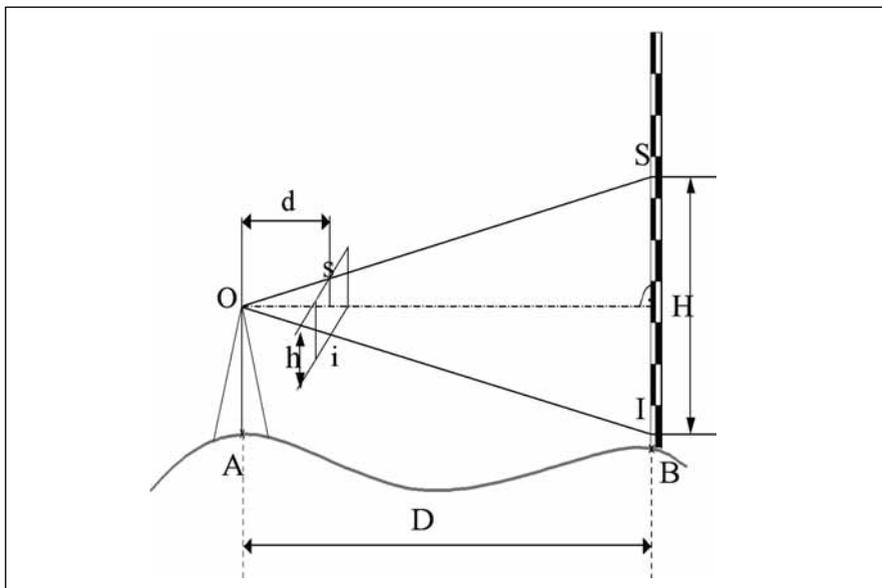
4.1. Sistemas lineales de medida

Los sistemas lineales son los utilizados para la determinación de la distancia o longitud entre dos puntos. El conocimiento de la medida de las distancias de un objeto no supone un grado de definición del mismo suficientemente exhaustivo para disponer de su forma y dimensiones, pero sí que es una base fundamental en la ejecución de otros métodos de medida, en general, en todos aquellos que se apoyan en un sistema de referencia, como pueden ser los que utilizan coordenadas polares o rectangulares.

Entre estos sistemas lineales de medida es posible hablar de aquellos que realizan *medida directa de distancias*, como son:

- El calibre o pie de rey, empleado para la medida de pequeños objetos, marcas e incisiones, tanto en arqueología como en arquitectura. Su precisión puede llegar a la centésima de milímetro tanto en la medida de distancias, como diámetros interiores o exteriores, hasta una magnitud máxima de 250 mm.
- La rueda registradora, formada por una rueda de entre 10 y 40 cm de diámetro. La apreciación mínima suele ser de 10 cm, proporciona un error relativo inferior al 0,5% correspondiente a 50 cm por cada 100 m. Es un método expedito que mide la distancia natural, por lo que es de utilidad en zonas con cambios de nivel no tortuosos, como áreas urbanas planas, o yacimientos arqueológicos arrasados, también en la realización de estudios previos y planificación de actuaciones posteriores.
- **Rodetes, cintas métricas y flexómetros.** Los primeros están formados por una cinta de fibras acrílicas y se utilizan para la medida de distancias cortas que no requieran mucha precisión. La precisión relativa a obtener con un rodete de buena calidad, en medida simple, puede alcanzar los 10 cm por cada 100 metros, es decir el 0,1 %. Las cintas métricas y flexómetros están formados por una lámina de acero continua con longitudes entre 2 y 50 m. Disponen de una temperatura nominal de uso que por lo general suele ser de 20° C. Las correcciones por temperatura, tensión y catenaria únicamente se aplicarán cuando se requieran mediciones de una precisión próxima a la nominal de la cinta; poseen un error relativo de 0,03%.
- **La medida electromagnética de distancias**, se realiza mediante diferentes sistemas e instrumentales, que van desde los distanciómetros de reflexión directa, pasando por los distanciómetros de largo alcance con reflexión sobre prisma, hasta las cintas sónicas. Se basan en la medida o comparación de una distancia con una onda electromagnética que se utiliza a modo de patrón. Los dos sistemas que incorporan los instrumentos para la medida de distancias absolutas son el de pulsación, en el que se mide el tiempo que una señal emitida por el distanciómetro tarda en volver a él, previa reflexión en el objeto, y el de comparación de fase. Los primeros con una precisión de 1 cm y un alcance de 10 m para las cintas sónicas, y de 5 cm con 200 m de alcance para los distanciómetros de mano, o aquéllos que miden sin necesidad de prisma reflector. En el caso de los de comparación de fase la precisión a alcanzar ronda los 3 mm 3 partes por millón, con varios kilómetros de alcance.

Los sistemas de *medida indirecta de distancias* obtienen el valor de una distancia sin necesidad de recorrer ésta con un patrón. Dentro de este tipo, en patrimonio se emplean, frecuentemente, los sistemas estadimétricos. En ellos se calcula la distancia entre dos puntos por aplicación del principio de semejanza de triángulos.



Graf. 2.- Sistemas estadimétricos

Para ello, se sitúa en uno de los puntos objeto de la medición una ventana de observación definida por dos hilos llamados estadimétricos. Conociendo la distancia entre el plano formado por los hilos estadimétricos y el punto de observación (d); la separación entre estos hilos (h); y la magnitud de la proyección de la ventana sobre la mira colocada en el extremo final (H), se establece una relación simple de la que es posible obtener la distancia de un modo directo. Los errores relativos, obtenidos de forma experimental para condiciones desfavorables, están cifrados para 30 aumentos del antejo en 0,29%, correspondiente a 29 cm por cada 100 m.

4.2. Sistemas superficiales de medida

Se tratan en este apartado las técnicas, métodos e instrumentos de aplicación directa en el registro de planos de planta de elementos patrimoniales.

- *Sistema de triangulación*, utilizado muy frecuentemente en los yacimientos arqueológicos en los que se cuadrícula el espacio a excavar, obteniendo los planos de planta de cada uno de los niveles o unidades estratigráficas realizando triangulaciones, mediante la medida exclusiva de distancia, desde los vértices de la cuadrícula. Pero también es aplicable el método para obtener el plano de elementos de formas complejas, con una precisión aceptable para el trabajo a escalas inferiores a 1:100, si se realiza el establecimiento de una red lo suficientemente densa de puntos desde la que realizar las medidas.
- Para la aplicación del *método de coordenadas polares* es necesaria la medida desde un mismo origen de dos tipos de magnitudes, ángulos y distancias. El instrumental más utilizado para este fin suele ser el nivel de línea, utilizado en esta ocasión para la materialización desde el mismo origen de dos tipos de magni-

tudes, por una lado para la determinación de un plano horizontal para la medida de desniveles, y también para la medida de distancias por medio de una mira estadimétrica, pudiéndose determinar las distancias, además, por medio de una cinta o rodete. La precisión de la medida depende de la precisión angular del nivel utilizado para medir los ángulos así como del instrumental y método empleado en la medida de distancias.

4.3. Sistemas altimétricos de medida

Por sistemas altimétricos se entienden aquéllos que proporcionan el conocimiento de diferencias de nivel entre puntos, lo que posibilita, de una forma incipiente, el conocimiento volumétrico del elemento documentado. El trasvase de la cota o coordenada altimétrica de uno a otro plano se realiza, desde antiguo, con sistemas ingeniosos de nivelación geométrica. Entre los instrumentos empleados encontramos como más sencillo, y no por eso menos preciso, la goma de agua.

Los niveles de línea, anteriormente referidos, son instrumentos ópticos dotados de un sistema de estacionamiento que permite, en combinación con un nivel tórico o esférico, determinar el plano recorrido por la visual central del anteojo.

Conocida la cota a la que se sitúa el plano del nivel, basta medir la diferencia de cota a los puntos que se desean registrar para obtener la posición tridimensional de los mismos. Con el conocimiento de la diferencia de nivel entre planos de referencia y la utilización de sencillos sistemas de medidas de distancia es posible realizar la documentación geométrica o levantamiento por secciones de cualquier elemento patrimonial, teniendo en cuenta las limitaciones en la precisión que el encadenamiento de distintos sistemas supone, y su repercusión en el resultado final.

Las labores de toma de datos altimétricos se simplifican y automatizan con la utilización de los niveles de plano láser, que materializan un plano mediante la rotación de un haz láser, y los niveles de lectura automática que realizan la misma sobre miras dotadas de códigos de barras.

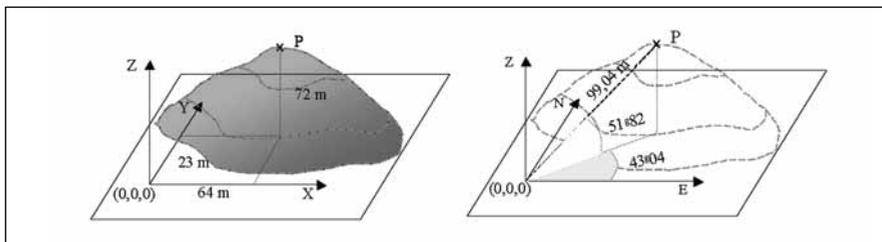
4.4. Sistemas tridimensionales de medida

A pesar de que el método de trabajo anterior supone una aproximación al modelo tridimensional, no se ha incluido en este apartado debido a que su aplicación se ve limitada al conocimiento determinado de algunos planos, lo que dificulta la creación del modelo tridimensional completo.

Por sistemas tridimensionales vamos a entender todos aquellos métodos de trabajo, técnicas, e instrumental aplicados en el registro de la geometría de elementos patrimoniales, con los que se pretende la obtención homogénea de los datos volumétricos del objeto de estudio.

La gran mayoría de los sistemas tridimensionales de medida localizan la posición de un punto P por medio de uno de estos dos sistemas: sistemas de coordenadas cartesianas o polares.

Los sistemas tridimensionales cartesianos deberán disponer en alguna de las fases del proceso de medida de un conjunto de ejes referidos a un origen, formando un triedro trirectángulo en el que se conozca la medida sobre cada uno de los ejes y el grado de precisión del sistema cartesiano. Este procedimiento es empleado por las máquinas



Graf. 3.- Sistemas de coordenadas cartesianas y polares

medidoras de coordenadas (MMC), utilizadas en la medida de pequeños objetos muebles, con precisiones del entorno de las 5 micras, e incluso mayores, pero rangos de trabajo de menos de un metro.

En los sistemas basados en coordenadas polares será necesario disponer de instrumental para la medida de dos ángulos sobre planos perpendiculares. La distancia será medida desde el punto que se determine como punto origen en la medida de ángulos y el punto que se desea medir.

Entre estos sistemas e instrumentos de medida tridimensional, cabe destacar:

- **Instrumental topográfico**, en la actualidad compuesto casi en exclusiva por taquímetros y estaciones totales, que proporcionan la medida simultánea de ángulos y distancias, realizando esta medida de distancias por medio de distanciómetros bien de medida directa sin prisma, o bien de reflexión sobre prisma. Su precisión nominal puede alcanzar los 3 mm y 3 partes por millón, en la medida de distancias y un segundo de grado centesimal, pudiendo ser operativas en varios kilómetros.
- **La fotogrametría** ha supuesto, tradicionalmente, un sistema adecuado de medida cuando se trataba de afrontar capturas masivas de información con alta precisión y bajo coste. Su fundamento se basa en la generación de modelos virtuales del terreno sobre los que poder realizar medidas en las mismas condiciones que se realizan sobre el objeto real. Para la obtención de un grado de precisión similar al de la topografía es necesario disponer de cámaras calibradas y controlar la calidad, resolución y escala de las fotografías. En la actualidad, prácticamente la totalidad de los sistemas fotogramétricos utilizados son digitales.
- **Escáneres tridimensionales**. Son la última irrupción en el campo de la medida, posibilitan la captura masiva de información sobre la forma de los objetos mediante la medida de ángulos y distancias. No precisan de la intervención del operador para la determinación de la visual, obteniendo miles de puntos por segundo. Existen variantes de estos instrumentos, la primero constituido por un tipo de *largo alcance*, con rango comprendido entre los 2 ó 3 m, como distancias mínimas y, en el mejor de los casos, hasta 1 km; proveen de una nube de puntos con precisiones similares a la de las estaciones totales, disminuyendo a medida que aumenta la distancia entre el objeto y el propio escáner. Otro tipo de *corto alcance* utilizada para el registro de elementos muebles, y que tiene como características la obtención de una precisión de hasta 5 micras y una distancia máxima de medida de 2 m.

5. REPRESENTACIÓN DEL PATRIMONIO

La representación del registro geométrico patrimonial se ve condicionada por requerimientos técnicos y demandas sociales.

- Los requerimientos técnicos suponen el conjunto de necesidades de los diferentes profesionales que intervienen en el patrimonio, pudiendo incluir a: ingenieros, arquitectos, arqueólogos, restauradores, historiadores, abogados, publicistas, pedagogos, políticos, etc., cada uno de éstos colectivos tiene una visión particular del patrimonio, y junto a ella unas necesidades de documentación gráfica también diferentes. Al no existir normativa ni normalización referente a este tipo de representaciones gráficas, es posible encontrar infinidad de ellas diferentes, sobre un mismo objeto, que en numerosas ocasiones poco tienen en común.
- En cuanto a las demandas sociales, hay que considerar que en la actualidad, la sociedad reclama un rápido retorno de las inversiones realizadas, sobre todo en aquellos aspectos en los que la intangibilidad de la inversión es alta. Puede decirse que la sociedad quiere conocer, y para ello reclama lenguajes inteligibles y universales, con los que pueda acercarse al conocimiento, de manera inmediata, inmediatez propiciada por la existencia de las redes de comunicación.

Teniendo en cuenta estos dos condicionantes, se ha de buscar un soporte gráfico que responda a ellos, partiendo del hecho de que en la práctica totalidad de los métodos e instrumentos de medida expuestos, la información se recoge teniendo al modelo tridimensional como objeto metodológico de estudio.

5.1. Informatización de la medida

Los dispositivos, métodos y sistemas analizados en los puntos anteriores, únicamente suministran información geométrica cuantitativa sobre la superficie del objeto de estudio. Por tanto, en el mejor de los casos se dispondrá de un archivo informático con coordenadas bien polares, o cartesianas, de una nube de puntos situados en el exterior del objeto. Para que tengan capacidad de representar y servir como registro de un bien patrimonial, habrá que asignar, a cada uno de los puntos, características de tipo cualitativo, como pertenencia a una recta, color, elevación, tipo de línea,... Los programas informáticos de diseño asistido por ordenador (CAD), posibilitan la asignación semiautomática, o automática, de las características citadas anteriormente a los puntos, tanto en el proceso de captura como en el de edición del modelo. En los casos en los que los datos son obtenidos mediante sistemas de medida analógicos, como un flexómetro, basta con introducir estos datos en un programa de texto y exportarlos en un formato de intercambio de texto legible también por los programas CAD. De esta manera, es posible considerar informatizados los datos de la medida de los elementos patrimoniales.

5.2. Representación gráfica

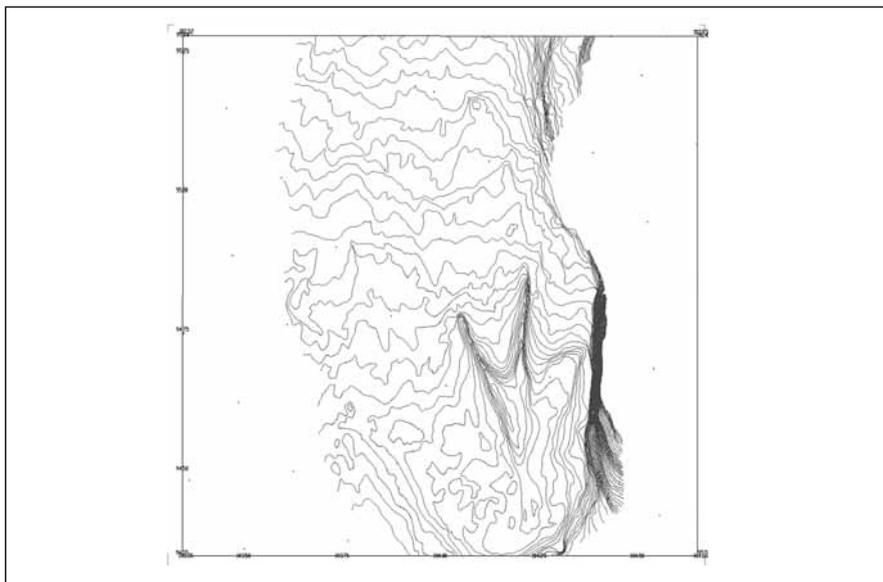
Una vez asignadas características cualitativas a los puntos se utilizarán los sistemas de representación, tales como diédrico, cónico, axonométrico, planos acotados, etc.,

para componer, visualizar y trazar los planos. Las representaciones que, hoy en día, se aplican al patrimonio van desde los croquis de mayor o menor precisión, hasta los sistemas de realidad virtual inmersivos en los que es posible la interacción entre el modelo y el usuario, pasando por todo tipo de planos de planta, alzado, secciones y modelos tridimensionales.

La representación gráfica del patrimonio, tradicionalmente, ha consistido en conjuntos de planos en los que se trazaban las plantas, alzados, algunas secciones y, excepcionalmente perspectivas y axonometrías de los objetos documentados. En gran medida esto sigue siendo así, y de tal manera que aunque se realice un modelo interactivo o virtual se sigue solicitando el acompañamiento de un conjunto de mapas y planos que permitan la percepción directa sin la necesidad del empleo de ningún programa informático. Partiremos de la consideración de que con el empleo de los medios informáticos es posible el trazado de la práctica totalidad de los planos que puedan ser concebidos, motivo por el que será necesario, exclusivamente, definir el contenido y el sistema de representación a utilizar.

5.2.1. Planos acotados

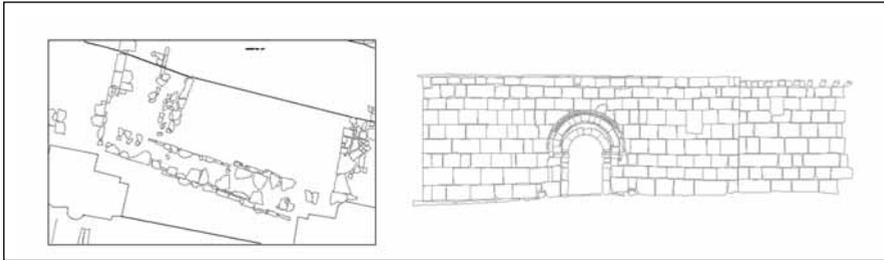
Los planos topográficos son trazados mediante líneas que definen la planimetría (coordenadas x e y), siendo la altimetría representada mediante curvas de nivel. Corresponden a esta tipología de mapas la cartografía oficial a nivel internacional, en todas sus escalas. Este tipo de representación se ha utilizado en la plasmación de grandes conjuntos monumentales, planos de entorno y en general aquellos en los que se presenten espacios más que objetos, como el patrimonio natural o paisajístico. Para el resto de los elementos patrimoniales, su aplicación resulta satisfactoria siempre que la imagen del elemento a representar se proyecte sobre un plano, o sea sobre éste sobre el que se desee conocer la morfología.



Graf. 4.- Representación de una huella de dinosaurio mediante curvas de nivel

5.2.2. Líneas de contorno

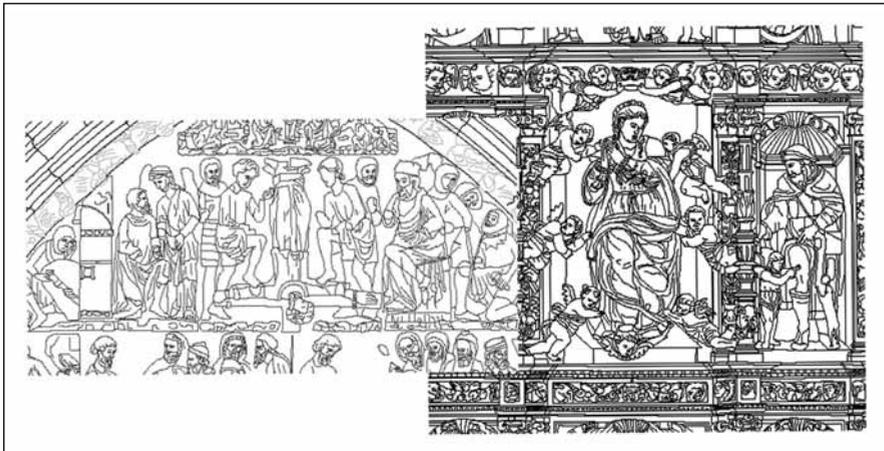
En las representaciones más habituales de elementos patrimoniales, realizada mediante planos de planta y alzado, proporciona buenos resultados cartográficos la utilización de líneas de contorno para la definición de las superficies o elementos definitivos del objeto, por ejemplo, en los elementos arquitectónicos construidos con sillares.



Graf. 5.- Representaciones mediante líneas de contorno

5.2.3. Líneas de contorno y cambio de plano

También los elementos artísticos con geometría compleja admiten este tratamiento, sería el caso de portadas de iglesias, retablos, etc., pero para que sus planos sean representativos, las líneas trazadas deben ser además de las de los contornos, las que reflejan cambios de planos o cambios bruscos de pendientes.



Graf. 6.- Representaciones mediante líneas de contorno y cambio de plano

5.2.4. Modelos con superficies

Si la información geométrica se ha adquirido refiriéndola a un sistema único de coordenadas, el conjunto de elementos medidos y delineados estará formado por una nube de puntos y líneas que conforman el modelo alámbrico, modelo éste que posee

toda la información significativa sobre los puntos singulares, las aristas y los elementos lineales del objeto, pero no dispone de información sobre las superficies, más allá de sus contornos.

Para la representación de las superficies se utilizan básicamente dos estrategias; o bien la generación de mallas formadas por triángulos, o bien la generación de mallas de retículas formadas por polígonos regulares.

- *Mallas triangulares*

El primero de los métodos genera una superficie poliédrica formada por triángulos, en la que los vértices se corresponden con los puntos medidos o con otros calculados a partir de éstos, la superficie generada supone una aproximación a la superficie real del objeto, mayor cuanto mayor es el número de puntos, y por lo tanto, más pequeños son los triángulos. Sin embargo, hay que considerar que el aumento de la precisión se realiza a expensas del tamaño de archivo y de la velocidad del proceso.

No obstante la representación por medio de mallas triangulares no proporciona resultados estéticamente satisfactorios en su utilización sobre elementos cuyas superficies sean complejas, como las generadas en excavaciones arqueológicas, o las relativas a objetos con volumetría enrevesada del tipo de las esculturas. Por otro lado, la unión de superficies triangulares, cuando los puntos corresponden a planos adyacentes con cambio de orientación muy brusco, tampoco es satisfactoria para las representaciones arqueológicas.

- *Mallas regulares*

En la representación de las superficies de los elementos patrimoniales se propone la utilización de modelos teselares generados partiendo del modelo alámbrico y la nube de puntos. La formación de este modelo se realiza implantando una rejilla regular cuadrada, rectangular, hexagonal, etc., con una anchura de lado adecuada a la escala de trabajo, de manera que la posición altimétrica de cada uno de los puntos respecto al plano de referencia se obtiene por interpolación de la de los puntos medidos.

La precisión de este modelo tridimensional teselar resultará, en la mayoría de los casos, más que aceptable para los propósitos de representación gráfica buscados, teniendo en cuenta el grado de subjetividad al que se ven abocadas las medidas de los levantamientos arqueológicos, y la dificultad en los mismos de la determinación de los límites de las unidades estratigráficas con una cierta repetitividad.

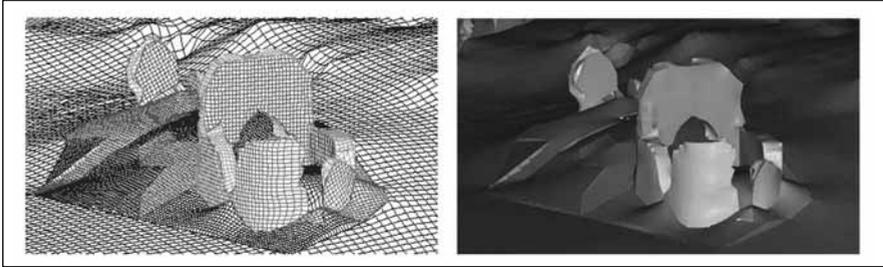
Como resultado se logra un modelo tridimensional digital del objeto de estudio, estructurado y evocador de la realidad, de tal forma que cualquier tarea o consulta que se desee realizar (calcular diferencias de cotas, direcciones de enterramientos, vistas tridimensionales,...) es ejecutada de forma intuitiva, sencilla e inmediata.

5.2.5. *Modelos Texturizados*

Partiendo de los modelos triangulares o teselares regulares, se pueden generar infinidad de productos para la representación de los objetos. La utilización de programas específicos para el modelado virtual permite suavizar las superficies teselares, de

manera que se transformen en superficies alabeadas más adaptadas al continuo superficial real.

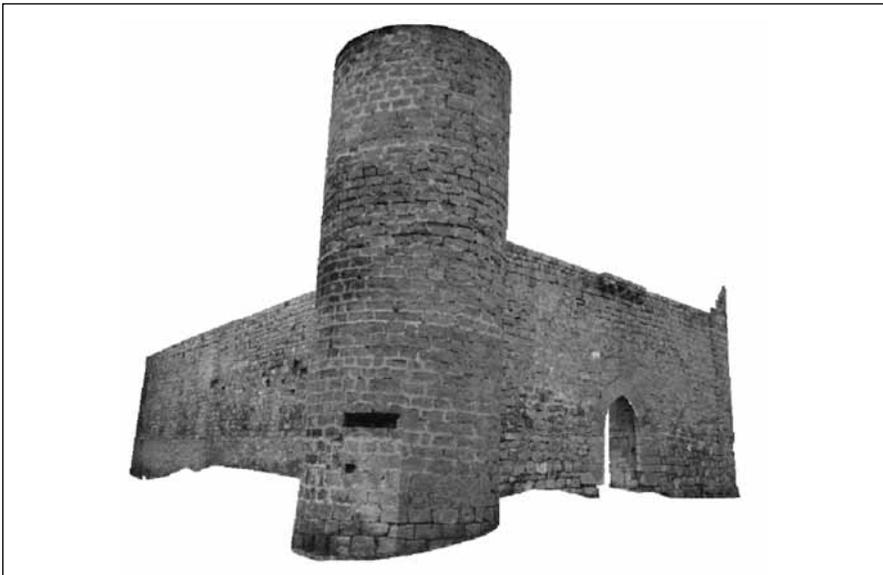
Con el modelo que representa el objeto patrimonial, debidamente revestido con texturas o colores, es posible su visualización y manejo como objeto tridimensional, constituyendo una auténtica maqueta virtual.



Graf. 7.- Modelos mallado y texturizado de las ruinas de una ermita

5.2.6. Modelos con ortoproyección superficial de texturas

Los modelos presentados hasta este momento adolecen de artificialidad estética, ya que si bien su forma e incluso dimensiones escaladas, se corresponden con la realidad, no así su aspecto estético superficial, es decir, el apartado cualitativo de la representación resulta irreal. Un paso en la objetivación de esta modelización lo supone la ortorectificación de las texturas fotográficas del propio objeto, sobre cada uno de los planos, o teselas del modelo.



Graf. 8.- Modelo tridimensional con textura real ortorectificada.

6. VENTAJAS Y POSIBILIDADES DE LOS MODELOS TRIDIMENSIONALES

6.1. Ventajas y posibilidades en cuanto a representación y difusión

Además de las posibilidades esbozadas hasta aquí de las ventajas que brinda la utilización de modelos tridimensionales, relativas a la generación de todo tipo de planos de planta, alzados, secciones y perspectivas que sea necesario realizar, existen otras que conviene destacar:

- En primer lugar, la disposición de toda la información gráfica de un objeto en un único modelo posibilita que las modificaciones, proyectos, etc., se realicen sobre éste, repercutiendo de forma inmediata en todos los planos y vistas que de él se generen.

La presentación por medio de modelos de realidad virtual, posibilitan que el usuario interactúe libremente con el objeto, de manera que el acercamiento y el movimiento por la maqueta virtual lo realiza según la comprensión que de él va adquiriendo. Los programas navegadores, necesarios para realizar estas visualizaciones, son de diseño y disposición muy intuitiva y su aprendizaje sencillo, por lo que su manejo requiere un adiestramiento mínimo. También los modelos tridimensionales permiten la realización de visitas guiadas, que recorren los puntos significativos del modelo, y conducen al espectador directamente a ellos. En este caso se trataría de vídeo-animaciones.

- Otra posibilidad es la transformación estereoscópica de la imagen del modelo, con lo que se adquiere la sensación de profundidad sin tener que realizar ningún esfuerzo de interpretación, precisando únicamente la utilización de artefactos más o menos complejos.
- La superposición de la realidad con un modelo virtual proporciona imágenes de realidad aumentada, poderosa herramienta para el estudio de reconstrucciones y restauraciones previas a su ejecución, posibilitando la evaluación de su aspecto estético, integración en el entorno e incluso el impacto visual causado, permitiendo aplicar las medidas correctoras antes de generarse los problemas.

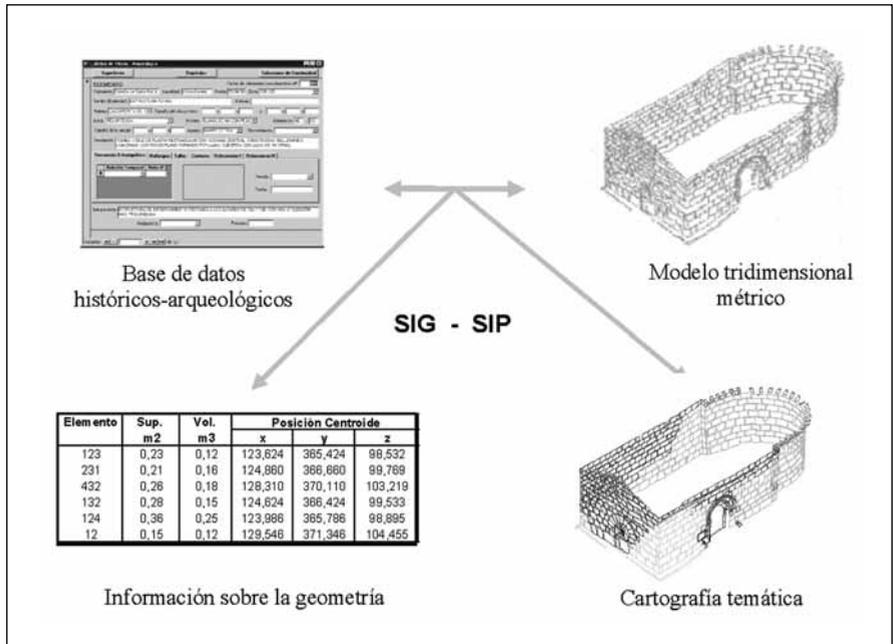
Finalmente, estos modelos de realidad virtual, facilitan la difusión a través de Internet y, por tanto, la divulgación y difusión del patrimonio.

6.2. Los Sistemas de Información Geográfica aplicados al patrimonio

Los elementos geométricos depositados en los CAD disponen de características geométricas únicas y pueden estar individualizados o agrupados por unidades temáticas, estratigráficas, morfológicas, temporales, etc. Por otro lado, la investigación multidisciplinar, realizada en la intervención para la documentación patrimonial, genera infinidad de datos literales que son almacenados en bases de datos alfanuméricas, principalmente informáticas. En sus registros es posible encontrar información muy diversa, y siempre adaptada a la situación específica del objeto de estudio y de los profesionales que lo realicen. Pero sea cual sea la información almacenada, histórica, calidad de materiales, relación con otros elementos,..., todos los datos poseen una referencia topológica al objeto de estudio, bien por medio de coordenadas, o pertenencia a una unidad, etc.

De la adecuada vinculación entre la información gráfica y la alfanumérica es posible extraer información cruzada, en la que intervengan tanto un tipo de información,

como otra. Para realizar este tipo de integración se utilizan los programas denominados Sistemas de Información Geográfica, que en el caso de su utilización para elementos patrimoniales, en los que la tercera dimensión es fundamental, son denominados como Sistemas de Información Patrimonial, SIP. (Cámara, L., 1996).



Graf. 9.- Esquema de un sistema de información patrimonial.

Las posibilidades de aplicación de estos programas son inmensas, por un lado permiten realizar la extracción de datos sobre la geometría de los elementos individuales que componen el objeto, como el tamaño de los sillares, la posición del centro de gravedad de cada uno, o en su conjunto, volúmenes, orientación,...

También es posible solicitar la generación de cartografía temática de forma automática, siendo necesario únicamente indicar al sistema las restricciones de la búsqueda de entre los datos que se le hayan suministrado.

A partir de este punto, la única limitación para el investigador está en su imaginación, pudiendo hacer al sistema cuantas preguntas considere oportunas para llevar a cabo su investigación.

En los últimos años, la universalización de Internet y de las herramientas para su programación está permitiendo que las bases de datos, tanto gráficas como alfanuméricas, se encuentren disponibles de manera global, posibilitando que se puedan acercar a ellas a realizar consultas, investigadores ubicados en lugares alejados del planeta.

6.3. Generación de maquetas reproducciones y mecanizados automáticos

La posibilidad de enlace de los programas CAD/CAM¹ permite la reproducción a escala o tamaño natural de los elementos patrimoniales digitalizados y de los que se dispone el modelo tridimensional. Para ello son utilizados tornos y fresas de control numérico que admiten formatos de intercambio compatibles con los programas CAD, que posibilitan la reproducción a escala o tamaño natural de los objetos digitalizados.

Otra de las técnicas, para la realización de reproducciones a partir del modelo tridimensional, es el prototipado rápido, con ella se consigue la generación de reproducciones físicas del modelo virtual de pequeños objetos, o grandes escalas, por medio de impresoras tridimensionales, en las que la generación del modelo se consigue mediante la deposición de pequeñas capas de material que van superponiéndose hasta formar un modelo que reproduce a la virtual depositada en el ordenador.

7. CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

La elección de uno u otro sistema de medida, y por ende, de representación posterior debe responder a diversos criterios, entre los que son ineludibles los siguientes:

- Claridad en cuanto al fin último que tendrán las medidas que se desean realizar. O lo que es lo mismo, ¿para qué se realiza la medida?
- Ese fin último llevará aparejada una precisión, que vendrá determinada por uno de estos dos aspectos:
 - Tamaño mínimo del objeto que tiene representación, muy importante, ya que el objeto está formado, independientemente de su tamaño, por infinidad de puntos, de entre los cuales será necesario medir e individualizar aquéllos que resulten suficientemente representativos para determinar aquello que se desea.
 - Indeterminación máxima admisible en la representación de cualquier punto del objeto.

En ambos casos este dato condicionará la escala máxima de representación a la que podrá llegarse con los datos obtenidos, guardando relación con el límite de percepción visual, o tamaño del objeto más pequeño que puede ser visto a ojo desnudo, y cuya magnitud está cifrada experimentalmente en 0,2 mm³

Como ayuda para la elección de métodos e instrumentos de medida, aplicables a la documentación geométrica del patrimonio, se presenta una tabla de doble entrada en la que se recogen en columnas, tanto los métodos e instrumentos descritos en este trabajo, como otros de menor uso, aunque no por ello de menor importancia. En cada una de las filas correspondientes se presentan los tipos de patrimonio aludidos, de manera que se reflejan mediante asteriscos la idoneidad de utilización de cada uno de

1. CAM, siglas inglesas cuyo significado se puede traducir por: fabricación asistida por computador.

2. Son numerosos autores y diversos los documentos que cifran el límite de percepción visual en este valor, entre ellos: (GIULIANI, C., 1976.) (CONSEJO SUPERIOR GEOGRÁFICO, 1985) y (LODEIRO, J.M., 1995)

ellos. Los criterios utilizados son dimensión del elemento o de la fase del trabajo, y la movilidad del mismo, en un rango comprendido entre (*) poco adecuado a (*****) muy adecuado.

Técnica o instrumento de medida Fase de la documentación o elemento patrimonial	Calibre	Rueda, cinta o rolete	Medida precisa de distancias	Sistemas superficiales	Topografía	Fotogrametría	G.P.S.	Teledetección	Geofísica	Digitalizadores 3D	Holografía
Detección de restos						***		****	****		
Establecimiento de redes			***		***		*****				
Pequeños objetos marcas e incisiones	***				**	****				*****	***
Fragmentos arquitectónicos, epigrafías	*				**	****				***	**
Pequeños monumentos		**	**	***	****	***	***				
Edificios		**	**	***	****	***	**				
Agrupaciones menores de edificios					****	***	****				
Cascos urbanos					***	****	****	***			
Espacios patrimoniales amplios					**	****	****	****			

Graf. 10.- Tabla comparativa de métodos e instrumentos para la documentación de los distintos tipos de patrimonio

En la tabla se puede ver que tanto el calibre como los digitalizadores tridimensionales y la holografía tienen aplicación únicamente en el caso de elementos de pequeñas dimensiones y fragmentos de otros mayores. Esto es debido al rango máximo de las magnitudes que son capaces de medir, en el caso de los digitalizadores 3D y máquinas medidoras de coordenadas se une la necesidad de una estabilidad dimensional que la localización in situ de los restos patrimoniales no puede mantener. Con la holografía sucede lo mismo, ya que se requieren unas condiciones de iluminación muy controladas, así como de estabilidad dimensional que sólo es posible conseguir en laboratorio.

Los sistemas lineales de medida junto con los superficiales se consideran poco adecuados para el registro preciso cuando las dimensiones del objeto son grandes o pequeñas, es decir, sería válida su utilización para la planificación y en trabajos de unos pocos metros de extensión. No ocurre lo mismo con la medida precisa de coordenadas, por medios estadimétricos o electromagnéticos que puede ser utilizada para el establecimiento de redes de forma muy satisfactoria.

La topografía tiene, junto con la fotogrametría, la más amplia versatilidad de todas las técnicas descritas; resulta especialmente adecuada para documentación de restos patrimoniales de tamaños medios (entre 2 y varios cientos de metros).

Por su parte, la fotogrametría posibilita desde la localización de restos por medio de la fotointerpretación hasta la medida de cualquier objeto, siendo especialmente adecuada en tamaños muy pequeños y en grandes espacios.

Los sistemas de posicionamiento por satélite³ resultan insuperables en el establecimiento de redes y en el levantamiento de detalle de espacios amplios, no siendo desdéniable su utilización en elementos de tamaño relativamente pequeño (unos pocos metros), sobre todo si se dispone de sistemas de corrección tipo RTK.

La teledetección ayuda al análisis espacial de grandes espacios, donde la clasificación de imágenes permite la generación de cartografía que no sería posible realizar desde puntos de vista tradicionales. En las labores de detección de restos resulta el método más adecuado para grandes superficies, siendo sustituido por los métodos geofísicos cuando se centra en áreas más concretas.

8. CONCLUSIONES

Existe una parte del patrimonio tangible, formado por todos aquellos monumentos, conjuntos arquitectónicos y lugares de interés social, cultural, artístico, científico o natural, así como sus estructuras, vestigios y restos en cualquiera de sus localizaciones que deben ser documentados y registrados geoméricamente desde criterios científicos, con el fin de sustentar las investigaciones posteriores que sobre él se realicen, así como para facilitar los trabajos de reconstrucción, reposición, o restauración, sin olvidar los aspectos relativos a la difusión del conocimiento y contribución al avance de la concienciación sobre el respeto y sensibilización hacia el mismo.

El grado de precisión requerido a todo proceso de medida debe ser acorde con la información que sobre el objeto se precise, favoreciendo, en todo caso, el registro permanente y el acceso amplio a la información obtenida.

Resulta sorprendente, a día de hoy, que los trabajos relativos a la medida y representación del Patrimonio no requieran la acreditación de la cualificación de los ejecutantes, ni de redacción de anteproyectos en los que se especifiquen los métodos, instrumentos, necesidades, alternativas, y por supuesto resultados esperados en función de los requerimientos establecidos. También llama la atención que prácticamente no existan mecanismos establecidos para el control de la calidad de los resultados, al menos por parte de las administraciones, ya que son éstas las receptoras de la gran mayoría de este tipo de trabajos. Esta indeterminación procedimental en cuanto a la medida y su representación hace que la definición metodológica, así como el control de calidad de las mismas quede en manos de los técnicos proyectistas.

Se dispone de suficientes instrumentos y métodos en varias áreas de conocimiento que posibilitan la localización, medida y registro de los bienes patrimoniales anteriormente aludidos, permitiendo la adaptación a las peculiaridades tanto intrínsecas de los objetos patrimoniales, como debidas a la disposición espacial en lugares remotos, inhóspitos, sumergidos, etc., debiendo ser aplicados con criterios de optimización tanto de recursos como de precisiones.

3. Hoy en día centrada en GPS (Global Position System) y en menor medida en GLONASS (sistema similar al GPS, perteneciente a Rusia), y en un futuro próximo al sistema GALILEO de la Unión Europea.

Concebir el modelo tridimensional como objetivo metodológico en la captura de la información posibilita el registro integral de la información gráfica, y la gestión posterior, tanto de ésta, como de la generada por cualquiera de los investigadores que intervenga sobre el mismo bien.

La divulgación debe ser una de las prioridades en el registro de la información, generando representaciones que satisfagan las necesidades técnicas de los profesionales implicados, y que al mismo tiempo posibiliten la representación cartográfica de manera alternativa, facilitando su mejor comprensión, mediante el empleo de perspectivas, vistas tridimensionales y la recreación de espacios y objetos a través de las posibilidades que las tecnologías de la información y la comunicación ponen a nuestro alcance.

Existen técnicas en desarrollo cuyas posibilidades de aplicación al registro, gestión representación y difusión del patrimonio pueden ser notables en los próximos años disponiéndose como líneas claras de futuros trabajos de investigación.

9. BIBLIOGRAFÍA

- ARTANO, K., KOROSO, I. y VALLE, J.M. 1998. *Desarrollo de herramientas para la explotación de modelos fotogramétricos tridimensionales*. Resumen de las II Jornadas de Fotogrametría Arquitectónica. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valladolid. 10 pp.
- ARTANO, K., KOROSO, I. y VALLE, J.M. 1997. *Metodología para la representación y gestión de modelos tridimensionales. Aplicación al levantamiento fotogramétrico de la ermita de San Julián y Santa Basilia de Aistra, Zaldondo (lava)*. Finalistas 2TM Convocatoria del premio óLuis Martín Morejón. pp 22-35.
- ARTANO, K., KOROSO, I. y VALLE, J.M. 1998. *Representación y Gestión del modelo tridimensional de la Catedral de Santa María de Vitoria-Gasteiz*. Libro de comunicaciones del Primer Congreso Europeo sobre Restauración de Catedrales Góticas. 6pp.
- BETHEL, D.J. 1990. *Digital Image procesing in photogrammetry*. The Photogrammetric Record, vol 13
- CABALLERO, L. 1995. *Método para el análisis estratigráfico de construcciones históricas o lectura de paramentos*. Informes de la construcción Vol. 46 – nº 435, pp 37 – 46
- CÁMARA, L. 1996. *La documentación gráfica: fotogrametría y base de datos*. Actas: Arqueología de la Arquitectura. El método arqueológico aplicado al proceso de estudio e intervención en edificios históricos. Junta de Castilla y León, Burgos, pp 23 ss.
- CHUECA PAZOS, M.; HERRÁEZ BOQUERA, J. y BERNÉ VALERO, J.L. 1996. *Métodos Topográficos*. Paraninfo. Madrid
- CIMAGRAFI. *CAD/CAM artístico*. Revista: Metal Unives. Disponible en
- COCK, J.D., 2000. *El método de triangulación aplicado en un escáner láser, para objetos tridimensionales*. Revista Universidad EAFIT. 4º trimestre de 2000. Medellín.

- CONSEJO SUPERIOR GEOGRÁFICO, 1985. *Normas y condiciones técnicas para los levantamientos cartográficos a grandes escalas*. Madrid. Consejo Superior Geográfico
- DOCCI, M. y MAESTRI, D. 1994. *Manuale di rilevamento architettonico e urbano*. Roma.
- DOMÍNGUEZ GARCÍA-TEJERO, F.1.998. *Topografía general y aplicada*. 13 Edición. Mundi-Prensa, Madrid.
- FERNÁNDEZ HERMIDA, X.; FERNÁNDEZ MANÍN, G.; LÓPEZ BUENO, J.A. 2000. *Análisis de la problemática de generación de sólidos a partir de nubes de puntos. Aplicación a la ingeniería inversa en la industria auxiliar del automóvil*. Informe del estado de desarrollo (proyecto PGIDT99INN32201). Universidad de Vigo. Disponible en:
- FERRER, R. y PIÑA, B. 1.993. *Fotogrametría Aérea y Terrestre aplicada a la conservación del patrimonio Histórico*. Departamento de Ingeniería Geográfica y Técnicas de Expresión Gráfica de la Universidad de Cantabria. Reinosa
- FERRER, R; PIÑA, B.; NÚÑEZ-GARCÍA DEL POZO, A.; VALBUENA, J.L. y MARTÍNEZ, I. 1.991. *Distancimetría electrónica de alta precisión*. E.T.S. de caminos, canales y puertos. Santander
- FIÓDOROV, B y TSIBULKIN, L., 1992. *Holografía*. Mir. Moscú-Madrid.
- FRASER, C S., 1992. *Photogrammetric Measurement to One Part in a Million*. Photogrammetry Engineering and Remote Sensing. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. Vol. 58, Nf.3 March 1992. pp305-310.
- GIULIANI, C., 1976. *Archeologia documentazione grafica*. Roma. De luca editore
- HARRIS, E.C. 1991. *Principios de estratigrafía arqueológica*. Editorial crítica. Barcelona.
- HOFMANN-WELLENHOF y LICHTENEGGER, H.1.992. *GPS: Theory and practice*. Springer-Verlag. Wien (Austria)
- HOLANDA BLAS, M. P. y BERMEJO ORTEGA, J. C., 1988. *GPS & GLONNAS, Descripción y aplicaciones*. Madrid. Disponible en:
- ICOMOS, 1965. *Carta Internacional sobre la conservación y la restauración de monumentos y de conjuntos histórico-artísticos (Carta de Venecia - ICOMOS)*. Venecia. Disponible en: [Inicio de marcador de RTF:]_Hlt518213214[Inicio de marcador de RTF:]_Hlt518213228[Fin de marcador de RTF:]_Hlt518213214[Fin de marcador de RTF:]_Hlt518213228
- ICOMOS, 1982. *Carta relativa a la salvaguarda de los jardines históricos. (Carta de Florencia)*. Florencia. Disponible en:
- ICOMOS, 1987. *Carta Internacional para la conservación de poblaciones y áreas urbanas históricas. (Carta de Toledo)*. Toledo. Disponible en:
- ICOMOS, 1990. *Carta Internacional para la Gestión del Patrimonio Arquitectónico. (Carta de Lausana)*. Lausana. Disponible en:
- ICOMOS, 1996. *Carta Internacional para la Protección y la Gestión del Patrimonio Cultural Subacuático. (Carta de Sofía)*. Sofía. Disponible en:

- ICOMOS, 1996. *Principios para la creación de archivos documentales de monumentos, conjuntos arquitectónicos y sitios históricos y artísticos*. Disponible en International Conference on Applications of Holography. 06/05 – 06/07/1995. Toshio Honda. International Society for optical Engineering. Washington.
- LAFONT MORGADO, P. 1999. *Prototipado rápido e ingeniería inversa*. Universidad Politécnica de Madrid. Disponible en
- LODEIRO, J.M., 1995. *Aplicaciones de la topografía en la documentación arquitectónica y monumental*. Madrid. Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía. I.S.B.N.84-060-2456-0
- MOLDES 2000. *Control de Calidad y Digitalización-3D mediante Fotogrametría y Proyección de Haces de Luz (2TM Parte)*. Revista Moldes. Octubre – Noviembre de 2000. pp 44-47.
- MOLDES 2000. *Sidio3. Sistema de digitalización óptico*. Revista Moldes. Octubre – noviembre de 2000. pp 49-51.
- NEWTON, I. y MILLS, J.P. 1999. *Photogrammetric Reverse Engineering of the íAngel of The Northí*. Photogrammetric Record, nº 16 abril de 1999, pp 457-468.
- PLAN DIRECTOR DE RESTAURACIÓN DE LA CATEDRAL DE SANTA MARÍA DE VITORIA. Dirección LASAGABASTER, J.I., Redactores AZKARATE, A., CAMARA, L., LATORRE, P. Diputación Foral de ðlava, 1998.
- PRYPUTNIEWICZ, R., 1988. *Hologammetry: Systems and Applications*. Non-Topographic Photogrammetry. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. Virginia.
- RODRIGUEZ MIRANDA, j. 1998. *Localización Geográfica de la Villa de Cabriana y Análisis de sus Características Geométricas Mediante Técnicas Topográficas y Geofísicas*. Proyecto fin de carrera inédito. Universidad del País Vasco. Vitoria-Gasteiz
- SAXBY, G., 1994. *Practical holography*. University Press. Cambridge.
- SCHOFIELD. W. 1.995. *Engineering Surveying*. 4TM Edición. Butterworth-Heinemann Ltd. Oxford.
- SCHUBERT, R. 1999. *Stereoscopic Scanner in Quality Control*. QCAV. Québec, Canadá. Pp 1-6.
- UNESCO, 1931. *Conclusiones (Carta de Atenas)*. Atenas. Disponible en:
- UNESCO, 1956. *Recomendación que define los principios internacionales que deberán aplicarse a las excavaciones arqueológicas*. Nueva Delhi. Disponible en:
- UNESCO, 1962. *Recomendación relativa a la protección de la belleza y del carácter de los lugares y paisajes (Recomendaciones de París)*. París. Disponible en:
- UNESCO, 1972. *Convención sobre la protección del patrimonio mundial, cultural y natural*. París. Disponible en:
- UNESCO, 1976. *Recomendación relativa a la salvaguardia de los conjuntos históricos y su función en la vida contemporánea (Recomendación de Nairobi)*. Nairobi. Disponible en:
- UNESCO, 1994. *Documento de Nara*. Nara (Japón). Disponible en:

- URRITA MACAGNO, R. A. 1995. *Desarrollo de un modelo CAD/CAP/CAM*. Universidad de Zaragoza. Disponible en .
- VALBUENA DURÁN, J.L. 1997. *Medición electrónica de distancias, ángulos y desniveles*. El Autor. Madrid.
- VALLE, J.M., 1995. *Metodología y resultado del Levantamiento por Fotogrametría Terrestre del Yacimiento de Huellas de Dinosaurio de Valdecevillo en Enciso (La Rioja)*. Zubía (Monográfico N.º 5). pp 165-186 y 5 planos.
- VAQUERO, A. 2001. *Escáner 2D/3D*. Proyecto fin de carrera. Universidad de Murcia. Disponible en:
- WOLF, P. R., 1983. *Elements of Photogrammetry*. McGraw-Hill. New York.
- XIAOWEN, W. y SHUNJI, M. 1997. *Image matching using a three line scanner*. Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. N.º 52. (1997). Pp 20-32.