



ARCHIVO DEL LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO

LABORATORY FOR THE GEOMETRIC DOCUMENTATION OF
HERITAGE'S ARCHIVE

Sección de artículos / *Papers section*

7

Información general / <i>General information</i>		
TÍTULO:	Elementos auxiliares en fotogrametría de objeto cercano	:TITLE
AUTORES:	José Manuel VALLE MELÓN Ane LOPETEGI GALARRAGA Amaia MESANZA MORAZA Álvaro RODRÍGUEZ MIRANDA	:AUTORS
FECHA:	septiembre 2003 / <i>September 2003</i>	:DATE
NUMERO:	LDGP_art_007	:NUMBER
IDIOMA:	español / <i>Spanish</i>	:LANGUAGE

Resumen	
TITULO:	Elementos auxiliares en fotogrametría de objeto cercano
RESUMEN:	<p>Son muchos los artículos técnicos que se pueden encontrar sobre la aplicación de la fotogrametría de objeto cercano a la documentación del patrimonio; sin embargo, un aspecto sobre el que no es habitual encontrar información corresponde a los métodos e instrumentos necesarios para obtener de forma adecuada las fotografías y realizar las tareas topográficas en las dispares circunstancias que el patrimonio requiere.</p> <p>En este artículo se muestra el diseño y utilización de algunos elementos auxiliares utilizados para mejorar la realización de este tipo de pares fotogramétricos.</p>
DESCRIPTORES NATURALES:	Fotogrametría, elementos auxiliares, patrimonio cultural
DESCRIPTORES CONTROLADOS:	<p>(Procedentes del Tesouro UNESCO [http://databases.unesco.org/thessp/])</p> <p>Patrimonio Cultural, Fotogrametría</p>

Abstract	
TITLE:	Auxiliary equipment for close range photogrammetry
ABSTRACT:	<p>There are many references where it is described the application of photogrammetric techniques to the documentation of the Cultural Heritage. However, it is not so easy to find texts concerning the auxiliary equipment used in order to get the better conditions for the photographs.</p> <p>In this paper we look over the design and use of some pieces of this kind of equipment.</p>
NATURAL KEYWORDS:	Photogrammetry, auxiliary equipment, cultural heritage
CONTROLLED KEYWORDS:	<p>(From the UNESCO's thesaurus [http://databases.unesco.org/thesaurus/])</p> <p>Cultural Heritage, Photogrammetry</p>

Publicación / Publication		
Comunicación en un congreso / Lecture in a congress		
NOMBRE:		:NAME
LUGAR:		:PLACE
FECHA:		:DATE
ACTAS:		:PROCEEDINGS
FECHA:		:DATE
WEB:		:WEB
NOTAS:		:NOTES
Artículo en revista / Journal paper		
NOMBRE:	Topografía y Cartografía	:NAME
EDITOR:	Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía	:EDITOR
NUMERO:	Vol XX – nº 118-119	:NUMBER
FECHA:	Septiembre-Octubre-Noviembre-Diciembre 2003	:DATE
ISBN:		:ISBN
ISSN:	0212-9280	:ISSN
WEB:		:WEB
PAGINAS:	4-9	:PAGES
NOTAS:		:NOTES
Otro / Other		
DETALLES:		:DETAILS

Derechos / Rights		
AUTORES:	Está permitido citar y extraer brevemente el texto, siempre que la fuente sea claramente identificada. / Permission is granted to quote short excerpts from this text, provided that the source of such material is fully acknowledged.	:AUTORS
EDITOR:	Los derechos de este texto corresponden a la editorial (Springer Berlin Heidelberg). Conforme a los derechos firmados con la editorial (se incluye copia del contrato), el texto que se incluye en este documento es la versión final previa la formateado de la editorial y está depositado en el repositorio institucional de los autores. / This text is under copyright (Springer Berlin Heidelberg). According to the rights-transfer signed with the publisher (see the attached copy of the contract), the version provided here is the final one but without the formatting given by the book; it is located in the authors' institutional repository.	:PUBLISHER
OTROS:	Las imágenes y planos corresponden a proyectos de documentación realizados por encargo y, en consecuencia, su uso comercial puede infringir derechos de explotación de los promotores. / Pictures and plans come for the documentation of commissioned projects, therefore, their use for commercial purposes may be an infringement of the promoters rights.	:OTHERS

Renuncia de responsabilidad / Disclaimer		
DESCARGO:	El uso de la información contenida en este documento se hará bajo la completa responsabilidad del usuario. / The use of the information contained in this document will be under the exclusive responsibility of the user.	:DISCLAIMER

Estructura / Framework		
PERMANENTE:	<small>ID</small> http://hdl.handle.net/10810/9463	:PERMANENT ID
ESTRUCTURA:	<ul style="list-style-type: none"> • ldgp_art007_elementosauxiliares.pdf: este documento / this document. 	:FRAMEWORK

Cita completa recomendada / Recommended full citation		
CITA:	VALLE MELÓN José Manuel, LOPETEGI GALARRAGA Ane, MESANZA MORAZA Amaia, RODRÍGUEZ MIRANDA Álvaro. <i>Elementos auxiliares en fotogrametría de objeto cercano</i> . Topografía y Cartografía, vol XX nº118-119. Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía. ISSN: 0212-9280. 2003. pp. 4-9.	:CITATION

Elementos auxiliares en fotogrametría de objeto cercano

Autores: José Manuel Valle Melón
Ane Lopetegui Galarraga
Amaia Mesanza Moraza
Álvaro Rodríguez Miranda

Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio
Universidad del País Vasco

1.- Introducción

Son muchos los artículos técnicos que se pueden encontrar sobre la aplicación de la fotogrametría de objeto cercano a la documentación del patrimonio; también son muchos los catálogos y páginas Web que se localizan sobre instrumentos necesarios en cada una de las fases del proyecto: estaciones totales, escáner láser, cámaras fotográficas, sistemas de iluminación, programas informáticos, ... Por el contrario, un aspecto de la fotogrametría de objeto cercano en el que no es fácil localizar referencias corresponde a los métodos e instrumentos necesarios para obtener la toma adecuada de las fotografías, y a su vez realizar las tareas topográficas en las dispares circunstancias que el patrimonio requiere.

La especificidad metodológica que impone cada levantamiento fotogramétrico, debido a problemas de accesibilidad, alejamiento a zona, tránsito de vehículos, ocultaciones, etc, obligan a colocar la cámara y realizar apoyo en posiciones muy distintas a las que las circunstancias teóricas muestran. Los yacimientos arqueológicos y elementos de disposición horizontal, tanto cenital como nadiral, suponen una buena muestra de ello, no existiendo muchos accesorios homologados para poder obtener este tipo de tomas.

A lo largo de este artículo se mostrarán algunas de las soluciones adoptadas por el Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio, perteneciente al Grupo de Investigación en Arqueología de la Arquitectura de la UPV/EHU, a lo largo de los diez años en los que viene realizando su actividad de desarrollo y aplicación de métodos de medida y registro de elementos patrimoniales, fundamentalmente arquitectónicos y arqueológicos.

Algunas de las soluciones adoptadas fueron de gran utilidad en el momento de su diseño y construcción habiendo sido superadas por los nuevos instrumentos, tal es el caso del dispositivo "pegadianas", desarrollado cuando las estaciones no disponían de la capacidad de medida sin prisma y era necesario preseñalar el apoyo para obtener una buena calidad geométrica en la orientación de los pares. Otros de los desarrollos son plenamente vigentes y están demostrando, o bien, un considerable ahorro de tiempo y recursos para la toma de imágenes en las condiciones precisadas por cada proyecto, o bien, aumentando la precisión y versatilidad en otros casos.

2.- Elementos de sustentación/suspensión de cámaras

De entre los elementos utilizados para la sustentación de cámara fotográfica, son los instrumentos desarrollados para la captura de imágenes nadirales y cenitales los más complejos de concebir, construir y ubicar sobre las zonas a documentar. Todos los instrumentos desarrollados en el Laboratorio para este fin cumplen una característica común, realizan un desplazamiento lineal de la cámara, lo que facilita la práctica eliminación de los giros relativos (χ, ϕ, ω), así como de las componentes b_y y b_z de la base, lo que supone una gran ventaja a la hora de la orientación de los pares obtenidos con estos instrumentos.

2.1.- Sistema de suspensión vertical para UMK

El primero de los sistemas se desarrolló para la realización del levantamiento fotogramétrico de un yacimiento de huellas de dinosaurio. En el se tuvieron en cuenta la distancia a la que se realizarían las tomas, la base y la posibilidad de generar un plano horizontal independientemente del buzamiento en el que se encontraba la lastra de piedra en la que se localizan las huellas.

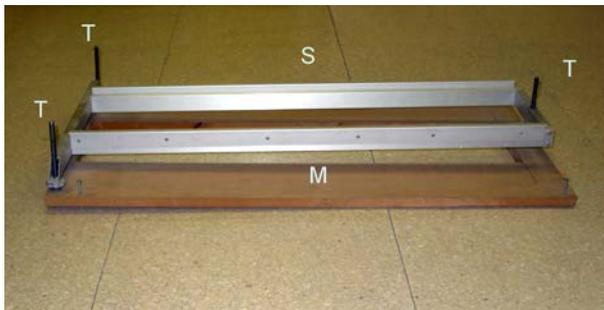


Fig. 1.- Detalle del dispositivo de sustentación para UMK

Este dispositivo es formado por una estructura de aluminio (S), sobre la que se ubica la cámara UMK, pudiendo realizar pares fotogramétricos con una base máxima de 70cm. Esta estructura se soporta sobre tres tornillos (T) que permiten nivelar el conjunto, y que van unidos de forma solidaria a una

tabla, con tratamiento antihumedad (M), que dispone de un orificio en su zona central para permitir el paso del objetivo, en el caso de tomas nadirales.

Finalmente el conjunto se puede colocar sobre cualquier tipo de estructura o andamiaje e incluso grúa, pudiendo ser fijado a dichos soportes por medios de unos tirafondos. En la figura 2 puede verse la estructura soportada por dos tablonces de obra, colocados sobre dos pequeños andamios. En este caso, tras determinar el eje de la rastrillada de huellas, se dispusieron los tablonces sobre los andamios en posición transversal a la misma, de manera que la cámara realizaba un par independiente en cada posición de los andamios.



Fig. 2.- Dispositivo de sustentación con UMK

2.2.- Soporte para la realización de tomas verticales y horizontales con cámaras de medio y pequeño formato.

Este artefacto ha sido desarrollado atendiendo fundamentalmente a los requerimientos de las excavaciones arqueológicas, por tratarse éstas de áreas sometidas a continuos cambios, y en la que los restos significativos pueden aparecer a varios metros de profundidad respecto al nivel de partida, con irregularidades de la superficie más que notables, en ocasiones escabrosas y teniendo en cuenta que en los casos en los que es necesaria la documentación geométrica a partir de fotogrametría, debe situarse la cámara en condiciones adecuadas, que no siempre resultan abordables de forma inmediata. Por lo general han de ser paralelas al objeto a retratar, es decir, la cámara debe de estar colocada horizontalmente para objetos situados en el suelo (esqueletos, mosaicos...) y verticalmente para objetos situados de forma vertical (lienzos de fachada, muros, pinturas...). Se conocen artefactos para suspensión de cámaras, se pueden utilizar en algunos casos grúas y andamios, pero en los casos de superficies de excavación de dimensiones medias y grandes, donde no es posible el acceso de vehículos al interior y en los que tampoco resulta posible el andamiado del conjunto, se hace necesario disponer de un instrumental ligero que permita suspender la cámara en condiciones de vuelo aéreo, teniendo en cuenta que la excavación no debe sufrir deterioros. Lo mismo puede decirse del caso en el que se deban realizar pares en paramentos elevados. Para ello, en las excavaciones arqueológicas de los proyectos *Calagurris Iulia* y *Catedral Santa Maria de Vitoria*, se decidió construir una estructura específica que permitiera realizar tomas de hasta 4,5 m de altura sobre la superficie de sustentación, y con una base de hasta 4 metros.

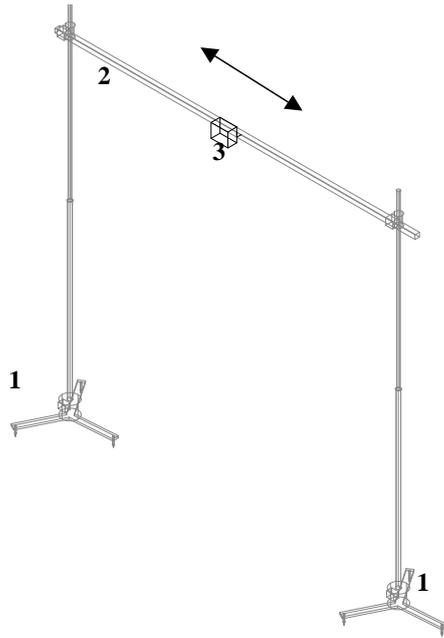


Fig. 3.- Esquema general del soporte para cámaras de pequeño y mediano formato

La estructura consiste en dos soportes verticales nivelables (1) en los que se apoya una barra horizontal (2) también nivelable que sirve de carril a una pieza (3) en la que se alberga la cámara fotográfica, de tal forma que ésta puede deslizarse por el carril, permitiendo realizar pares estereoscópicos tanto horizontales como verticales con una sola cámara. (fig 3)

Los soportes verticales y la barra horizontal son elementos individuales que a su vez se subdividen en tramos para facilitar el transporte tanto al yacimiento como dentro de él.

También son piezas independientes las basadas en las que se sustentan los pilares verticales, estando dotados de dos sistemas diferentes para conseguir la verticalidad de estos.

Uno de los sistemas está formado por una base con tres apoyos puntiagudos a fin de que se puedan introducir en el suelo, en el caso de materiales sueltos, pudiendo llevar acoplados unos protectores de plástico o goma cuando se utilizan sobre una superficie frágil. En la parte superior de este modelo de base se dispuso un mecanismo que actúa a modo "rótula" permitiendo verticalizar la estructura tubular telescópica. La presión suficiente para mantener el poste vertical se consigue con un conjunto de arandelas cóncavas y convexas colocadas de modo alterno, confiriendo al conjunto propiedades elásticas, este dispositivo fue desarrollado por D. Luis Lopetegi. (Fig. 5)



Fig. 4.- Primer modelo de base nivelante

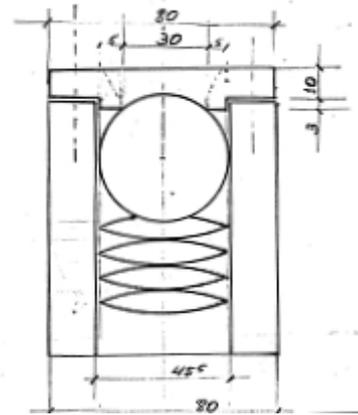


Fig. 5.- Rótula a base de arandelas



Fig. 6.- Segundo modelo de base nivelante

En el segundo de los modelos de base (Fig 6), se sustituyó el sistema de verticalización por una plataforma con tres tornillos nivelantes, sistema mediante el que se consigue nivelar la base y por tanto, verticalizar los soportes con independencia de lo accidentada que se encuentre la superficie sobre la que sea necesario estacionar.

La estructura tubular telescópica está constituida por tres tubos huecos que se introducen unos dentro de otros. Los dos tubos exteriores disponen en su parte superior de orificios roscados a fin de que mediante un tornillo se pueda fijar el tubo que encuentra inmediatamente dentro del mismo.

La pieza de sujeción del carril horizontal consta de una estructura tubular que corre por la estructura vertical telescópica y que se fija a ella mediante un tornillo (en rojo en la fig 7). A esta forma tubular se encuentra soldada otra mordaza con la forma del perfil del carril horizontal (resaltada en azul) y que a su vez sujeta a éste mediante un tornillo.

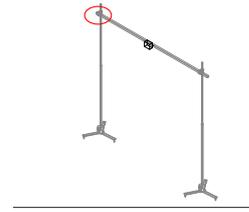
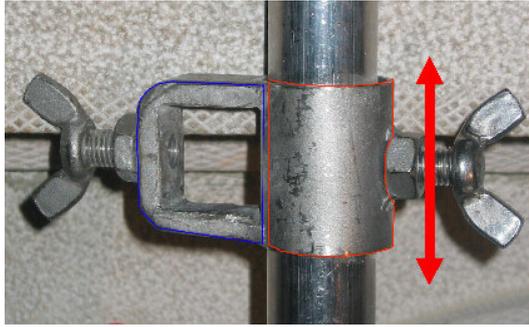


Fig. 7.- Sistema de sustentación del carril horizontal sobre la estructura

Por este carril de sección cuadrada se desliza un soporte adecuado a cada modelo de cámara (Fig. 9), que permite que esta sea transportada en todo su recorrido, obteniendo las tomas fotográficas en los lugares adecuados para la generación de los pares.



Fig. 8 y 9.- Modelos para el soporte y disparo remoto, adaptado a dos cámaras fotográficas diferentes

Esta estructura ha demostrado gran versatilidad y utilidad en espacios abiertos y muy irregulares, siendo capaz de salvar grandes obstáculos, zanjas y notables desniveles, como puede apreciarse en las imágenes 10 y 11.

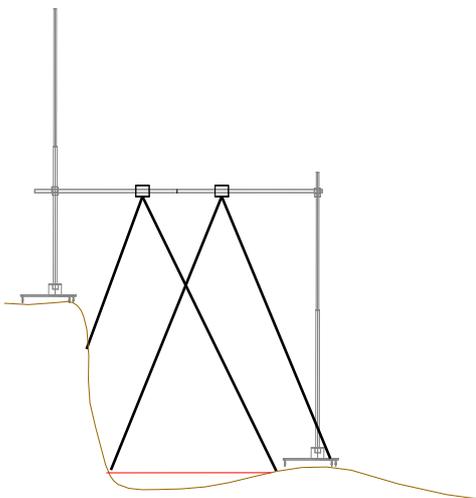


Fig. 11.- Utilización sobre zonas de fuerte desnivel

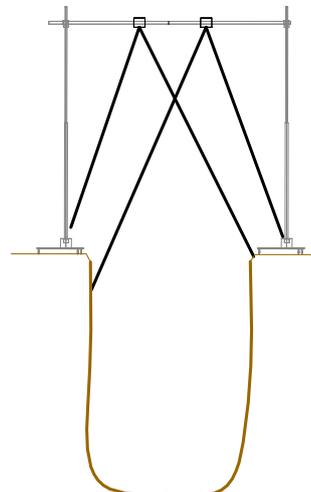


Fig. 12.- Utilización para la fotografía de zanjas

2.3.- Soporte para el registro de las excavaciones de la Catedral de Santa María de Vitoria-Gasteiz

Uno de los mayores retos con los que nos hemos encontrado en estos años es la documentación de las excavaciones del subsuelo de la Catedral de Santa María. Una de las bases de este proyecto la consiste el estudio histórico exhaustivo de todo el edificio, lo que incluye la excavación completa del interior y de la zona circundante. En el proyecto de actuación se optó por la documentación fotogramétrica de las excavaciones, de manera prioritaria, por ser el método más exhaustivo de registro, que al posibilitar la formación de modelos estereoscópicos de las zonas fotografiadas, palía, en parte, el carácter destructivo de la excavación.

Es evidente que, un enfoque semejante requiere un método de obtención de fotografías que precise la menor intervención posible en el yacimiento. Por ello se decidió utilizar las estructuras que se instalaban para otros fines, y en concreto aprovechando que la excavación del interior del templo exigía una estructura de refuerzo que permitiese excavar los cimientos con seguridad, y para lo cual se construyó un sistema de acodalamiento de los pilares de la catedral, constituido por pórticos de acero bajo los cuales se han colocando tres pequeños puentes-grúa, uno en cada una de las naves longitudinales de la Catedral.

Disponiendo de los puentes-grúa situados a unos 4 metros de la cota de inicio de la excavación, se diseñó y construyó un soporte que suspendido bajo ellos permite situar la cámara fotográfica sobre cualquier punto de las nave central y laterales de la Catedral.

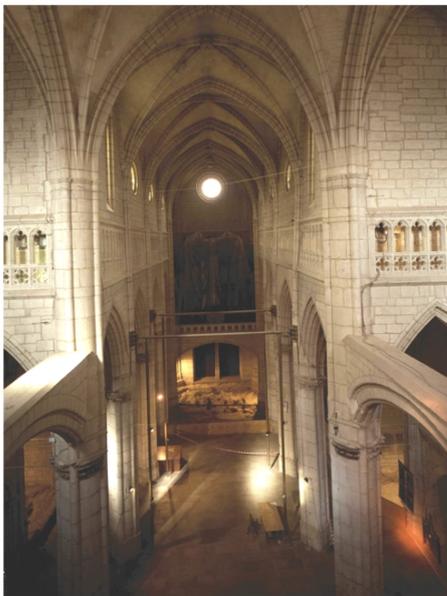


Fig. 13.- Imagen de la nave central sin apeos

Fig. 14.- Imagen de la nave central con apeos

Imágenes 13 y 14 cedidas por las Fundación Catedral de Santa María

En la concepción de este dispositivo se tuvieron en cuenta las particularidades tanto de la excavación como del propio proceso fotogramétrico, es decir, se pretendía que el trabajo se realizase de forma ágil y cómoda, tanto para la carga y retirada de carretes, como la toma de fotografías, o el propio desplazamiento de la cámara. Además, el sistema debía de ser lo más versátil posible, con el fin de poder servir para un amplio número de modelos de cámaras. En este proyecto se utilizó una cámara analógica Rollei 6006 para la toma de los pares fotogramétricos, y una cámara digital Canon PowerShot G2 para la generación de mosaicos fotográficos del conjunto de la nave, en cada uno de los niveles de la excavación.

El siguiente paso consistió en determinar la posición adecuada que debería ocupar la cámara sobre la planta de la excavación, dependiendo directamente de factores como que la altura de la cámara a cada uno de los citados niveles, el formato y la focal de las cámaras, así como los obstáculos que podían interponerse entre el yacimiento y la cámara, como los tirantes del sistema de apeos o las propias columnas de la Catedral.

La solución adoptada consistió en suspender un rail de 6 metros de longitud, bajo el cual circula colgado un soporte en la que se aloja la cámara. Con el fin de que este rail no sufriera pandeos, debido a que la zona de contacto con el puente-grúa en el que se sustenta, es de tan solo un metro, se colocó entre ambos una estructura tubular a modo de cercha de tres metros de longitud, en cuyos extremos unos tensores evitan los pandeos y oscilaciones de las puntas.

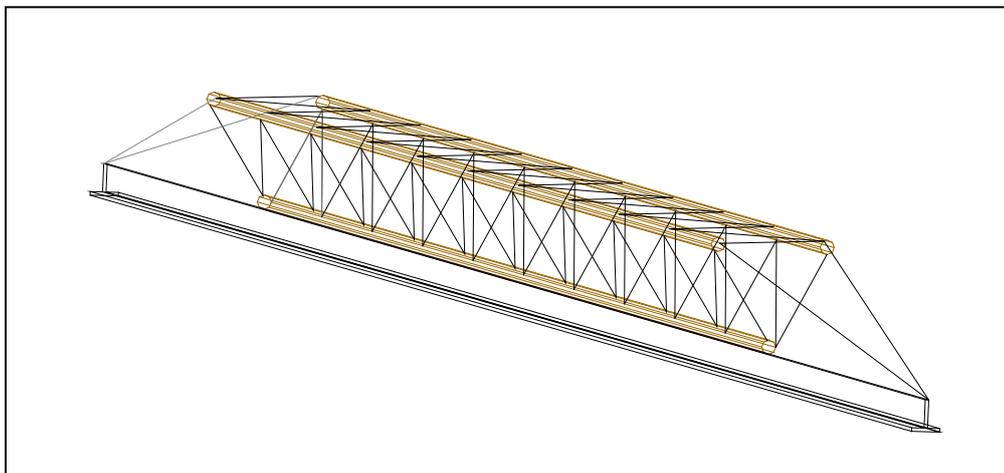


Fig. 15.- Esquema de la estructura con la cercha, el carril y los tensores.

Para el diseño del soporte donde se alojan las cámaras se tuvo en cuenta las dimensiones de éstas, con el fin de posibilitar el cambio de carretes y conexión de dispositivos, pero dejando la posibilidad a la utilización de nuevos modelos, para ello se dispuso que la parte donde van físicamente unidas las cámaras, fuera intercambiable. En el caso concreto de la Catedral, cada una de las dos cámaras utilizadas se engancha, mediante un tornillo, a uno de los lados del soporte, que fue

troquelado de tal forma que quedasen libres los objetivos y fotómetros en ambas disposiciones.

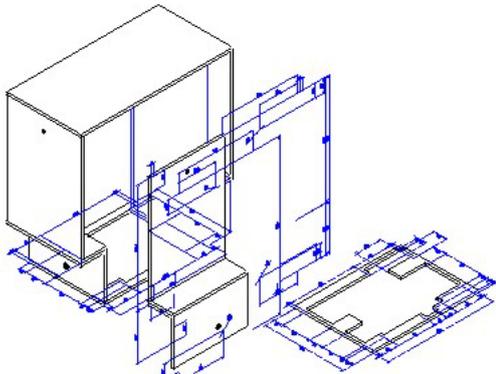


Fig.15 y 16 Diseño del despiece y modelo mecanizado del soporte que circula bajo el rail suspendido

3.- Instrumento para la fijación de señales de puntería

Como es sabido, con el fin de dotar al modelo fotogramétrico de escala, orientación y adecuada nivelación, es conveniente referenciarlo por medio de apoyo topográfico. Los puntos a los que se dota de coordenadas topográficas, deben ser fácilmente identificables por el operador de fotogrametría, al mismo tiempo deben poseer la precisión adecuada al tipo de trabajo que se está realizando.

En elementos patrimoniales donde existe una gran cantidad de detalles, el apoyo se podrá realizar utilizando puntos característicos del propio elemento debidamente seleccionados. Pero en multitud de ocasiones la distancia a la que se obtiene el apoyo topográfico no es la misma a la que se obtienen los pares, motivo por el que el detalle que se observa por el anteojo de la estación, no es el mismo que el que se obtiene a la hora de restituir. Además en el levantamiento de fachadas compuestas por sillares de morfología semejante o aparejos irregulares de sillarejo, la toma, identificación y croquización de estos puntos de apoyo resulta una tarea bastante tediosa e imprecisa.

La alternativa tradicional consiste en la preseñalización de los puntos de apoyo, que aunque resulta ligeramente más costosa en campo, facilita notablemente la orientación de los pares, en la mayoría de los casos. El tipo de señalización, utilizada por nuestro equipo, esta formado mayoritariamente por dos tipos señales de puntería, unas cuadradas con dos triángulos de color negro sobre fondo blanco (Fig. 17), cuya dimensión varía en función de la escala prevista de los fotogramas. En las intersecciones de dos alzados, o donde los cambios de plano son muy patentes, se utilizan unas escuadras de aluminio, de 4 centímetros de lado, con una incisión en su parte central, y que cumplen la misión de ser vistas en los dos planos contiguos, de manera que permite que esos puntos sean utilizados de forma común en los dos paramentos.

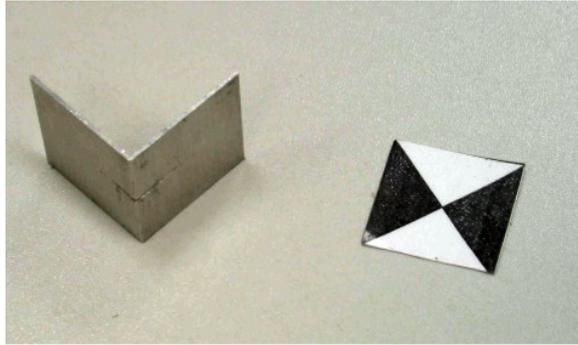


Fig. 17 Modelos de señales de puntería utilizadas

Con el fin de poder situar estas señales de puntería, se ha confeccionado un elemento que permite adherir estas señales, hasta unos 6 metros por encima o por debajo de donde está situado el operario que lo utiliza, opción ésta muy útil en puentes, y en otros elementos visitables por su parte superior.

Este “pegadianas” está compuesto por tres tubos huecos de acero inoxidable de 1,5 metros de longitud cada uno, de diámetro creciente, de manera que permite alojar uno dentro de otro. La longitud necesaria se consigue por medio de la fijación entre ellos a través de unos tornillos pasantes, accionados por unas palomillas.

En la parte superior de los tubos se acoplan los dispositivos auxiliares donde colocar las dianas, o las escuadras. Estos elementos van sujetos por medio de un tornillo, de tal forma que puedan cabecear, para adaptarse a diferentes superficies

El dispositivo auxiliar para dianas, posee varias ranuras, de forma que se puedan colocar dianas de diferentes tamaños o medidas.



Fig. 18.- Dispositivo pegadianas

únicamente estaba enganchado por sus esquinas.

El proceso de fijado consiste en introducir las esquinas de las dianas en el soporte, de manera que quede la parte adhesiva hacia el operario, en ella se deposita una pequeña cantidad de material adherente y se procede a aproximar al lugar donde debe ir emplazada. La acción del adhesivo hace que se desprenda del soporte, del que

El empleo combinado del “pegadianas” con andamios o grúas elevadoras, hace que el problema de la preseñalización del apoyo topográfico quede resuelto en la gran parte de las circunstancias en las que se precisa su empleo.

4.- Conclusiones.

En la realización de levantamientos de elementos patrimoniales en los que interviene la fotogrametría resultan necesarios instrumentos auxiliares que no se encuentran en el mercado y que deben ser, al mismo tiempo, específicos para solucionar el levantamiento concreto, pero con la suficiente versatilidad y adaptabilidad para que no obliguen al continuo diseño y construcción de los mismos.

La utilidad de estos instrumentos auxiliares, es evidente y está condicionada a su portabilidad, estabilidad, y disponibilidad. La previsión de su utilización debe ser incluida dentro del proyecto del levantamiento, tanto por los costos materiales que acarrearán como por el tiempo invertido en su desarrollo y los plazos de su fabricación, montaje, chequeo y puesta en marcha.

Ejemplos de utilización de todos estos dispositivos, así como de proyectos realizados con ellos pueden observarse en la página: <http://www.vc.ehu.es/docarg>.



LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO

Grupo de Investigación en Patrimonio Construido (UPV-EHU)

Aulario de las Nieves, edificio de Institutos Universitarios
C/ Nieves Cano 33, 01006 Vitoria-Gasteiz (España-Spain).

Tfno: +34 945 013222 / 013264

e-mail: jm.valle@ehu.es web: <http://www.ldgp.es>



UPV EHU