

# Un sistema informático de documentación arqueológica en la Escuela de Estudios Arabes (CSIC) de Granada

---

Antonio Almagro Gorbea

Escuela de Estudios Arabes. CSIC. 18010 Granada.

---

Desde 1987 la Escuela de Estudios Arabes cuenta con un equipo de investigación dedicado al estudio de la Arquitectura Árabe en general y de la Arquitectura Hispanomusulmana en particular. Desde un primer momento nos interesamos de un modo particular en disponer de los medios técnicos más adecuados para la documentación arqueológica y arquitectónica. La experiencia de muchos años dedicados a la restauración de monumentos y a la documentación del Patrimonio nos aconsejaba integrar todas las técnicas posibles, tanto manuales como instrumentales. Como la Escuela carecía de todo tipo de instrumentos, tuvimos que empezar diseñando una metodología y un equipamiento instrumental acorde con las necesidades que se nos planteaban, con los equipos disponibles en el mercado en ese momento, y sobre todo, con las disponibilidades económicas.

Las características especiales que presenta la arquitectura islámica y las dificultades consiguientes para su adecuada documentación, junto con la experiencia de muchos trabajos de este tipo realizados (ALMAGRO, 1986 y 1988), nos mostraban como *imprescindible el poder utilizar la fotogrametría como técnica idónea*. Igualmente, los trabajos realizados en la documentación de diversos yacimientos arqueológicos, y en concreto alguna experiencia de documentación sistemática y seriada de excavaciones, apuntaban igualmente en el mismo sentido. Sin embargo, los altos costos de los equipos tradicionales hacían difícil el plantear su adquisición, sobre todo por las dificultades de rentabilizar tal equipo al no contarse con personal fijo adecuado que garantizara el uso continuo del mismo.

Los sistemas tradicionales de medición y levantamiento no ofrecían obviamente ninguna dificultad, ni técnica ni económica. Su uso era el primero que estaba a nuestro alcance, aunque planteaba el inconveniente de no facilitar la medición en coordenadas tridimensionales, cosa que como veremos resultaba una dificultad grave para nuestro planteamiento metodológico. Desde un comienzo pudimos contar también con un teodolito WILD T1A, instrumento que nos permitía medir puntos inaccesibles y sobre todo, obtener coordenadas tridimensionales de los puntos medidos. Para este fin desarrollamos un programa de ordenador que permite calcular, a partir de los valores angulares medidos con el teodolito, las coordenadas de los puntos bien sea por radiación o por intersección de visuales en el espacio. El programa permite igualmente calcular las coordenadas de estaciones de poligonales, y realizar transformaciones planas de coordenadas. El programa se escribió

para un ordenador Hewlett Packard HP-86B, único del que disponíamos al principio, estando en la actualidad adaptado a ordenadores tipo PC con sistema operativo MS-DOS.

En un primer momento realizamos también un programa para dibujar en pantalla o en plotter los puntos medidos. El programa permitía definir el plano de proyección entre los tres principales del sistema de coordenadas y elegir la dirección de la proyección como positiva o negativa. Esto, unido a la posibilidad de transformación plana del sistema de coordenadas, nos facilitaba la representación de los puntos de acuerdo con las necesidades que la arquitectura y la arqueología plantea.

El primer instrumento cuya adquisición decidimos fué un teodolito electrónico con distanciómetro y registrador de datos (WILD T1000, DI1000, GRE4). Este aparato permite trabajar con gran rapidez y fiabilidad, eliminando los errores debidos a lectura o anotación. Los datos se vuelcan directamente al ordenador que calcula y dibuja los puntos. El sistema permite la medición directa tridimensional. Con él es posible medir una nube de puntos, que luego se completa con medidas tomadas manualmente, eliminándose además los errores acumulados y resolviendo el problema de conexión entre zonas aisladas o separadas. Por intersección de visuales en el espacio se pueden medir puntos no accesibles con gran precisión. Con este método hemos realizado ya numerosos levantamientos de edificios, entre otros la Puerta de Elvira, diversas casas nazaríes y moriscas de Granada, la planimetría de nuestra excavación en el Palacio Omeya de la Ciudadela de Amman (Jordania) y la planimetría básica del Castillejo de Monteagudo (Murcia). Este procedimiento permite también obtener las mediciones de apoyo necesarias para las restituciones de fotogrametría.

Sin embargo, el sistema de teodolito, que permite la medición de puntos sueltos con gran precisión y fiabilidad, no lo considerábamos suficiente para nuestros propósitos. La arquitectura árabe en general y la hispanomusulmana de forma especial, suelen presentar elementos ornamentales de pequeño tamaño y profusión de motivos decorativos, cuyo registro por el método de punto a punto es prácticamente inviable. En las excavaciones se presentan igualmente elementos de estructura compleja cuyo registro por el procedimiento de punto a punto puede resultar también inabordable. Así pues consideramos imprescindible poder contar con un equipo de fotogrametría. Dada la carencia de personal fijo y las limitaciones económicas (la financiación se planteó dentro de un proyecto

de investigación sobre arquitectura residencial hispanomusulmana), quedaban descartados todos los grandes equipos, tanto analógicos como analíticos. Por otro lado, nuestro deseo de poder trabajar en tres dimensiones nos obligaba a pensar en un instrumento analítico que permitiera el registro en ordenador de las mediciones y dibujos realizados.

Pensamos por tanto en los nuevos instrumentos aparecidos estos últimos años en el mercado, en base al formato de negativo de 6x6 cms. Quisimos además que el equipo, pese a las limitaciones económicas, nos permitiera trabajar con los sistemas más adecuados de diseño asistido (CAD), lo que permitiría visualizar tridimensionalmente los objetos que pretendíamos medir y dibujar, método que nos parece de suma utilidad para todo estudio o análisis arquitectónico o arqueológico.

La decisión tomada fue adquirir primeramente un restituidor ADAMMPS2, y trabajar inicialmente con fotografías tomadas con una cámara Hasselblad SWC/M. La utilización de fotografías no métricas la habíamos experimentado ya en el Ministerio de Cultura, operando con un restituidor Aviolyt BC2. Para objetos con poco relieve, los errores debidos a la distorsión y a la imprecisión de la determinación del punto principal no eran excesivos y permitían realizar algunos trabajos.

El restituidor ADAM nos ha demostrado ser un instrumento de gran utilidad, sobre todo con la última versión del programa, 2.23. Aunque no puede considerarse un instrumento de gran precisión, trabaja como un auténtico instrumento analítico, con todas sus ventajas a la hora de mantener automáticamente la visión del modelo estereoscópico, de calcular las orientaciones de los modelos y de permitir utilizar todo tipo de fotografías, no importa con qué ángulos o con qué focales estén tomadas. Quizá su mayor limitación se encuentre al no permitir al usuario definir libremente los planos de proyección, inconveniente que queda después soslayado si se transfieren los ficheros a un programa CAD. A tal fin hemos desarrollado el oportuno programa (ADAMCAD), que permite crear un fichero DXF de transferencia gráfica a partir del fichero generado en el restituidor. En esta transformación es posible decidir si se desea generar un dibujo plano o tridimensional aprovechando las ayudas que para tal fin ofrecen los programas de CAD.

Sigue siendo una norma habitual en todos los instrumentos, incluso en éste que aparentemente ha sido concebido casi exclusivamente para fotogrametría terrestre, el que el software parece haberse

hecho pensando en fotogrametría aérea, utilizando datos y conceptos que resultan equívocos o inadecuados para la terrestre. Pese a ello, los resultados que estamos obteniendo pueden considerarse como satisfactorios, sobre todo si los relacionamos con el coste de la inversión realizada.

Aun cuando para elementos planos o de poco relieve, las fotografías no métricas pueden llegar a utilizarse, los errores resultan ya muy abultados en cuanto intentamos medir profundidades en objetos de fuerte relieve o en áreas con mucha profundidad visual. No hemos tenido aún ocasión de experimentar el sistema de calibración de cámaras incluido en el software del restituidor ADAM que al parecer permite determinar los parámetros de distorsión del objetivo, mejorando así las precisiones. En nuestro plan de equipamiento figuraba la adquisición de una cámara de formato 6x6, máximo admitido en el restituidor, de las denominadas semimétricas. Puesto que el restituidor permite corregir la deformación afín de la película midiendo hasta 8 marcas fiduciales y corregir además la distorsión del objetivo, pensamos que una cámara de este tipo presentaba indudables ventajas frente a las métricas tradicionales (WESTER-EBBINGHAUS, 1983). En primer lugar su mucho menor costo. Después su manejabilidad al ser más ligera y fácil de operar. La opción elegida fue una cámara Rolleiflex 6006 Metric con dos objetivos, uno de 40 mm. y otro de 80 mm. (PEIPE, 1988)

Pese a las dificultades que hemos encontrado para su adquisición —total desconocimiento técnico de los representantes comerciales, plazos de entrega muy largos, averías en la propia cámara, falta de información, etc.— hemos podido realizar algunas pruebas con esta cámara y utilizarla ya en trabajos sistemáticos. La cámara resulta muy manejable, permitiendo su uso en posiciones y situaciones impensables para una cámara métrica. Los resultados de las restituciones son igualmente muy satisfactorios. El equipo ha trabajado ya en las excavaciones del Palacio Omeya de Amman, en un programa experimental de documentación sistemática de la excavación en base a las mediciones de teodolito y a la toma de fotografías susceptibles de ser restituidas al finalizar la campaña de trabajo.

El equipo se ha complementado además con un ordenador portátil que permite recoger los datos del registrador de datos GRE4, calcular las coordenadas de los puntos y dibujarlos mediante un programa de CAD. De esta forma puede realizarse un control gráfico inicial del trabajo, evitando que posibles errores pasen inadvertidos, lo que resultaría después

muy difícil de subsanar, dada la lejanía entre nuestro Instituto y el yacimiento. Todo el equipo pudo ser transportado como equipaje de mano en avión sin que supusiera ningún coste adicional y ha permitido reducir ostensiblemente los trabajos de campo.

La finalidad de todo este equipo no es otra que la documentación arqueológica y arquitectónica como medio de análisis y estudio. La arquitectura tiene un carácter eminentemente tridimensional y los sistemas de representación en perspectiva facilitan en gran manera este análisis al aproximar la forma de percepción a la que proporciona la visión humana. Pero la formación de perspectivas requiere una medición tridimensional del objeto arquitectónico. Los programas de ordenador de diseño asistido facilitan hoy en gran manera el dibujo de perspectivas, permitiendo por la rapidez de su obtención, buscar experimentalmente aquellas imágenes que mejor se adecúen al fin que se pretende. Pero para poder utilizar estas poderosas herramientas es preciso que los datos de entrada contengan las tres coordenadas. Para ello hemos preparado los programas adecuados para transformar tanto los ficheros de coordenadas de puntos medidos con taquímetro, como los medidos con el restituidor, a ficheros de dibujo de CAD. Con estos programas se editan, corrigen y completan los dibujos, pudiéndose obtener igualmente las perspectivas o proyecciones sobre distintos planos, en distintas direcciones y a la escala requerida.

Como complemento del sistema disponible en la Escuela de Estudios Árabes, hemos desarrollado igualmente un programa (BC2CAD) para transformar a dibujos de CAD restituciones realizadas en el Gabinete de Fotogrametría del Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales del Ministerio de Cultura, que cuenta con un restituidor WILD Aviolyt BC2. De esta forma, todas las mediciones obtenidas por los distintos medios se integran en un único sistema de edición y utilización de los dibujos constituido por un sistema CAD. Esto nos permite realizar restituciones de formato mayor que 6x6 cm, como es el caso de las fotografías aéreas. La posibilidad de editar y corregir estas restituciones abre enormes posibilidades, como puede ser la modelización de la topografía de yacimientos arqueológicos.

Con esta metodología y este instrumental pensamos que podemos abordar eficazmente la documentación tanto arqueológica como arquitectónica. Los métodos topográfico y fotogramétrico se complementan adecuadamente integrándose sus resultados en un único documento. El equipo necesario es

# SISTEMAS DE DOCUMENTACION PLANIMETRICA USADOS EN LA ESCUELA DE ESTUDIOS ARABES

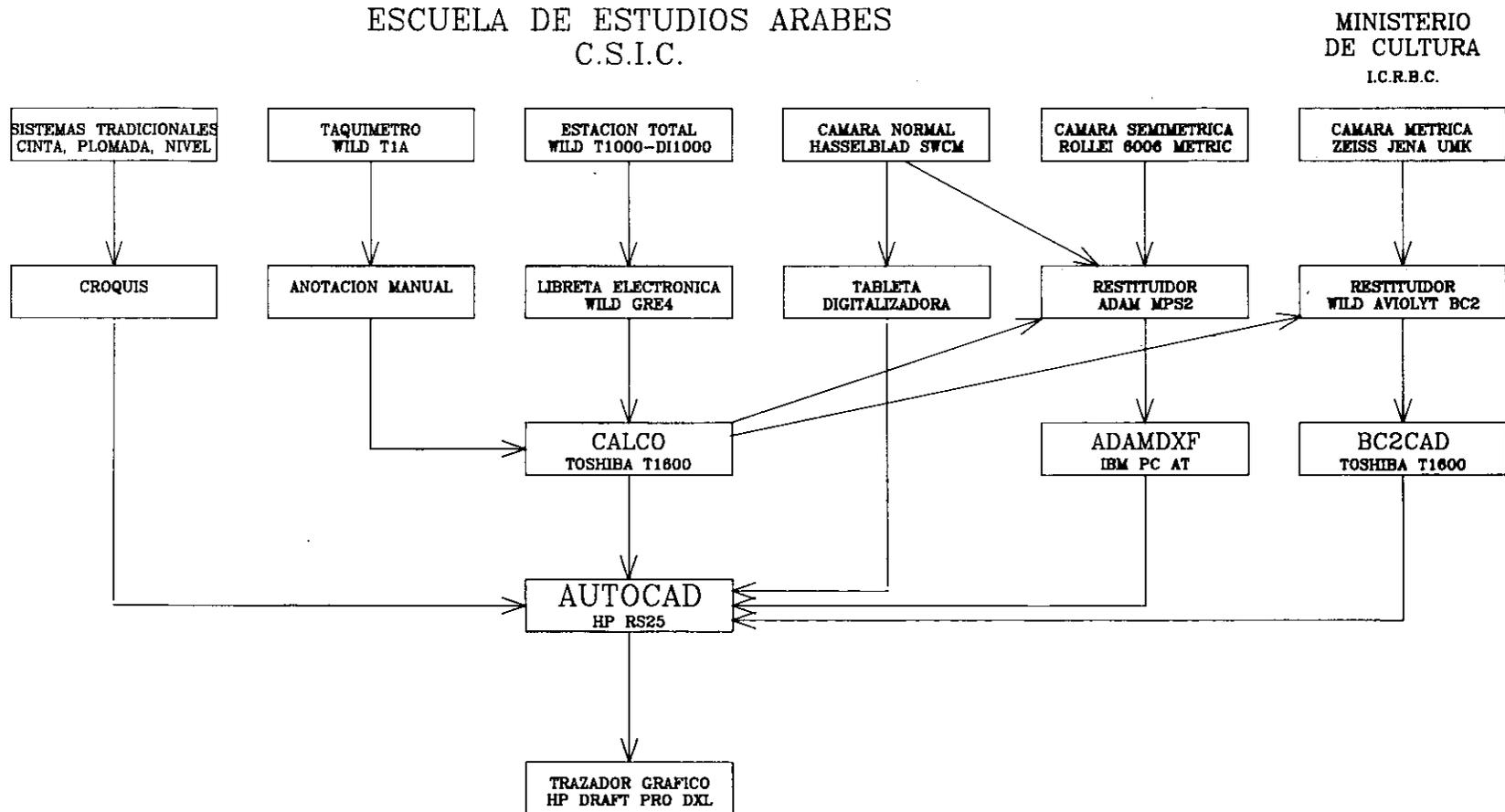
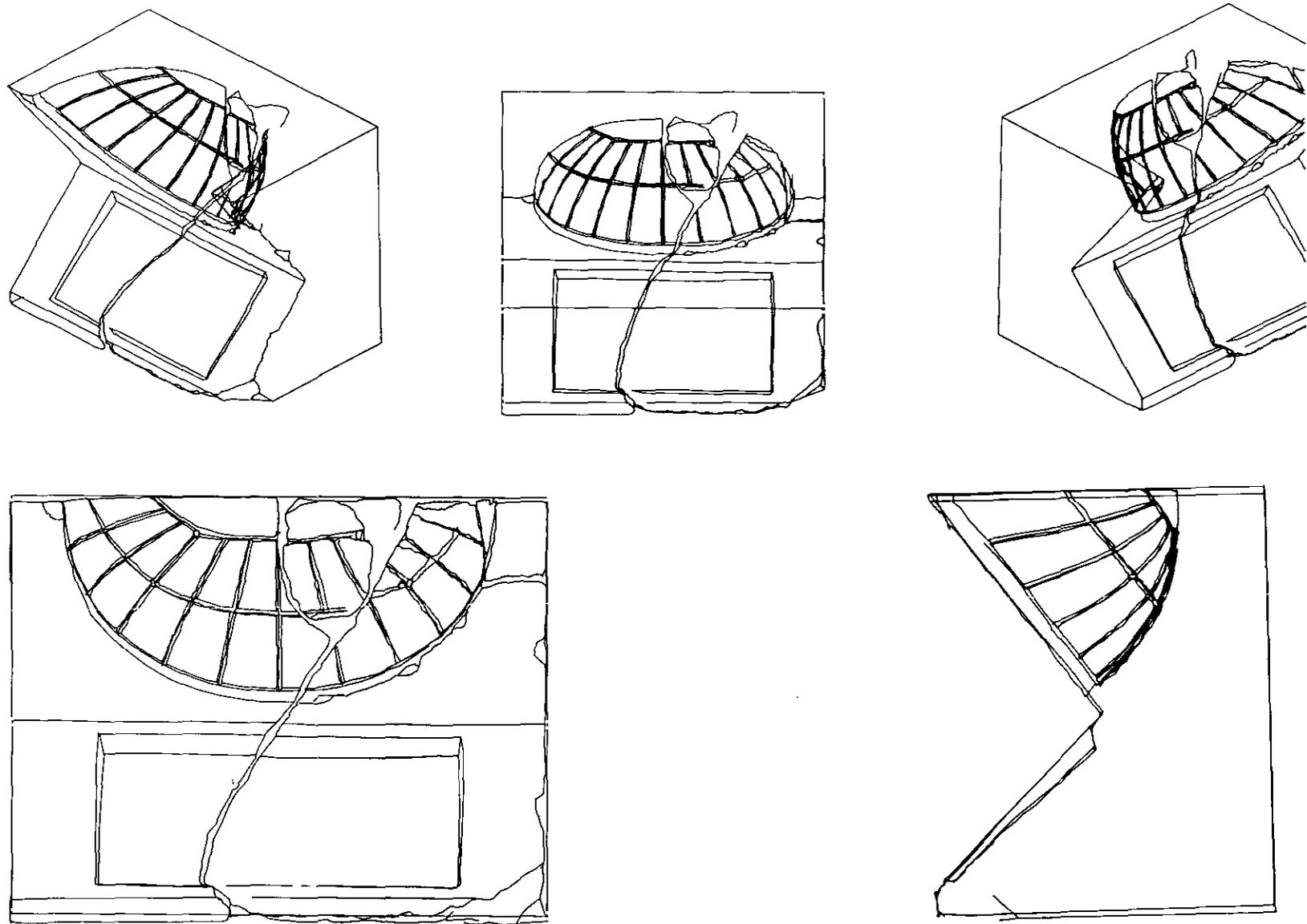
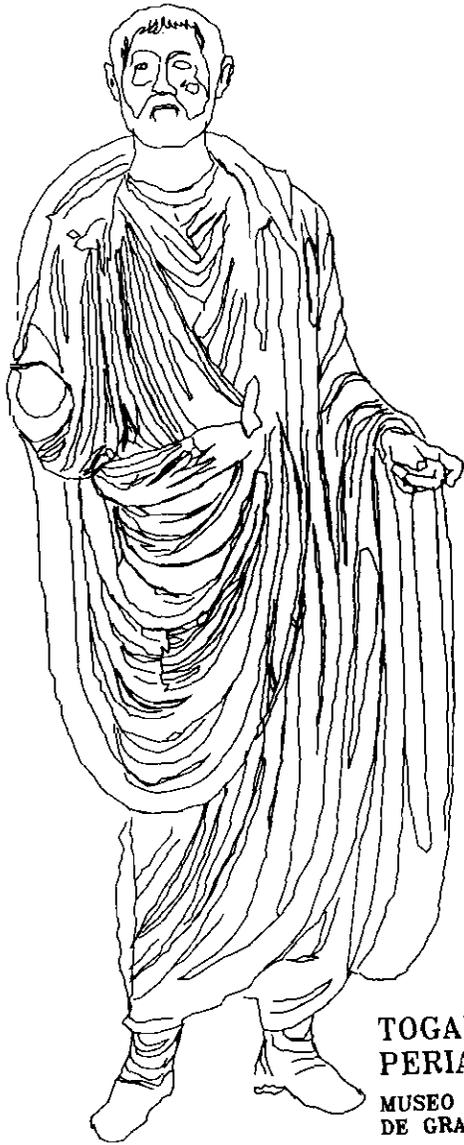


Fig. 1.



RELOJ DE SOL ROMANO DE MERIDA

Fig. 2.



TOGADO DE  
PERIATE  
MUSEO ARQUEOLOGICO  
DE GRANADA

RESTITUCION FOTOGRAFICA REALIZADA POR LA ESCUELA DE ESTUDIOS ARABES. C.S.I.C.

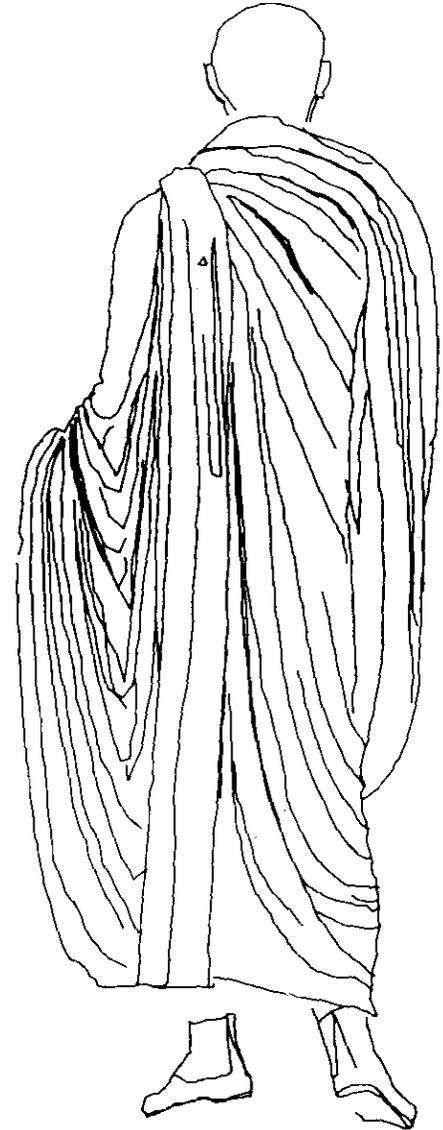
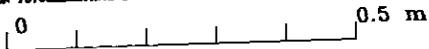
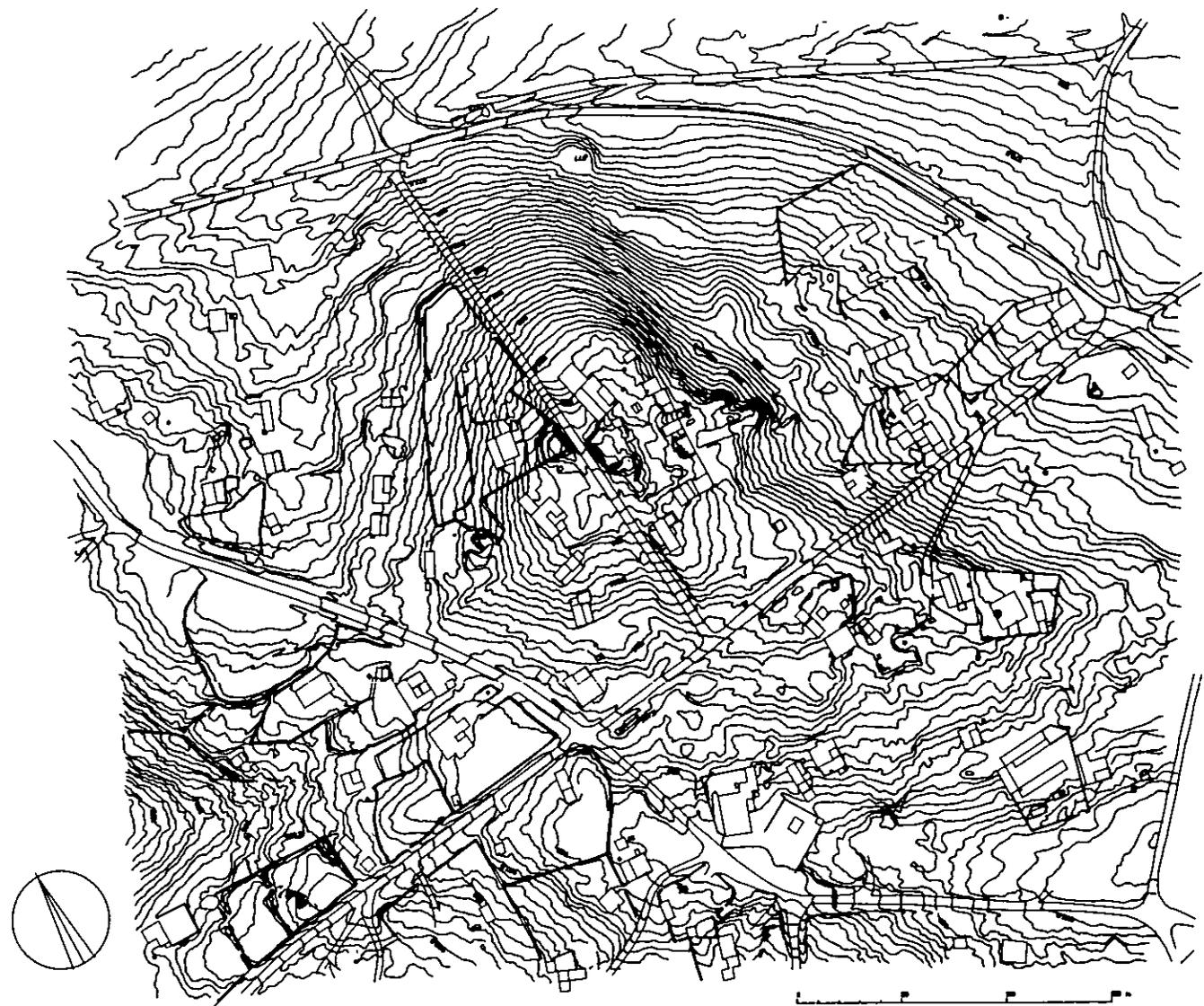


Fig. 3.



AL-MUWAQQAR. AREA DEL PALACIO OMEYA.

Mision Arqueologica Española 1990

Fotografias: Septiembre 1978

Escuela de Estudios Arabes, C.S.I.C.

Fig. 4.

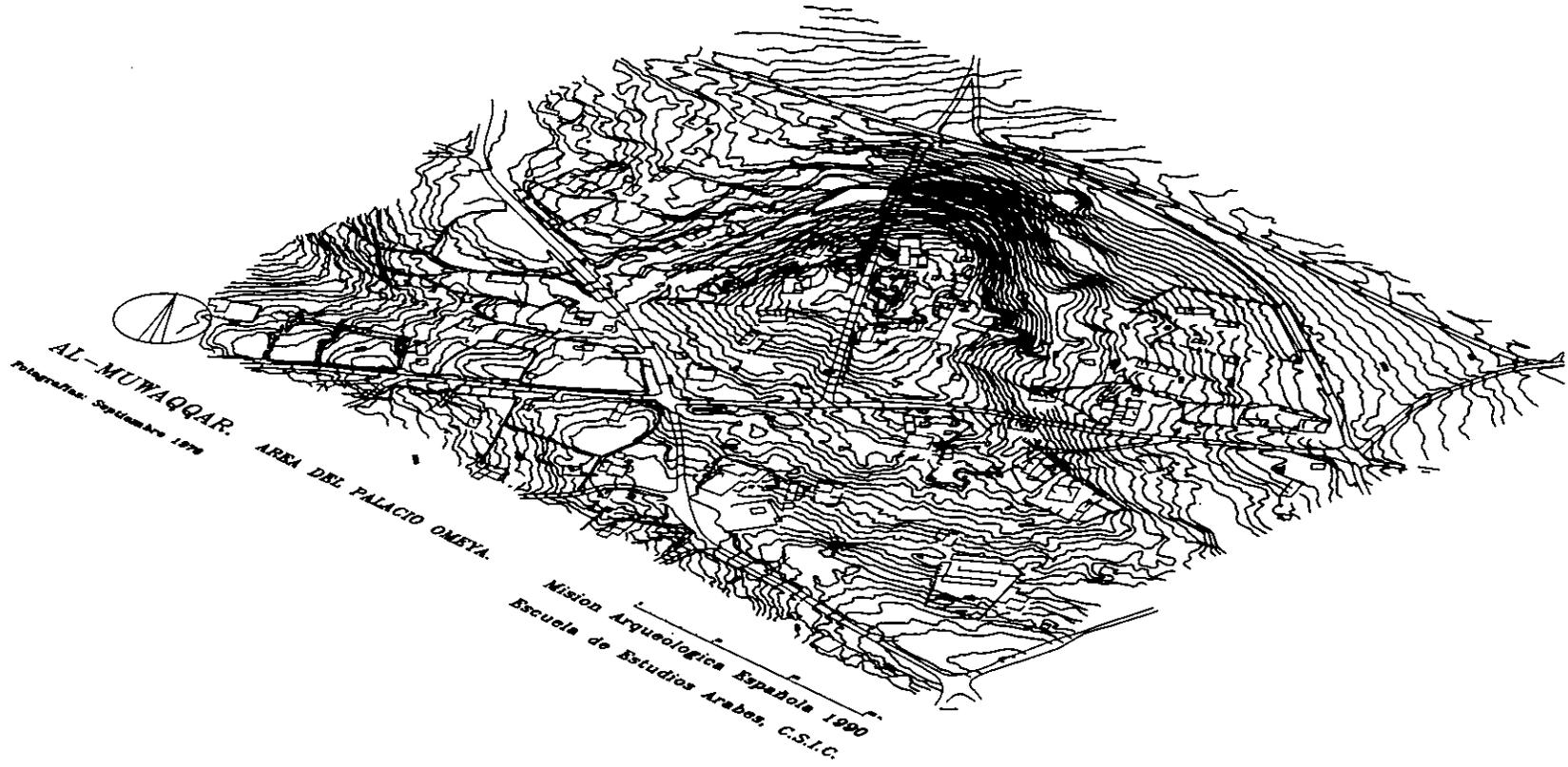


Fig. 5.

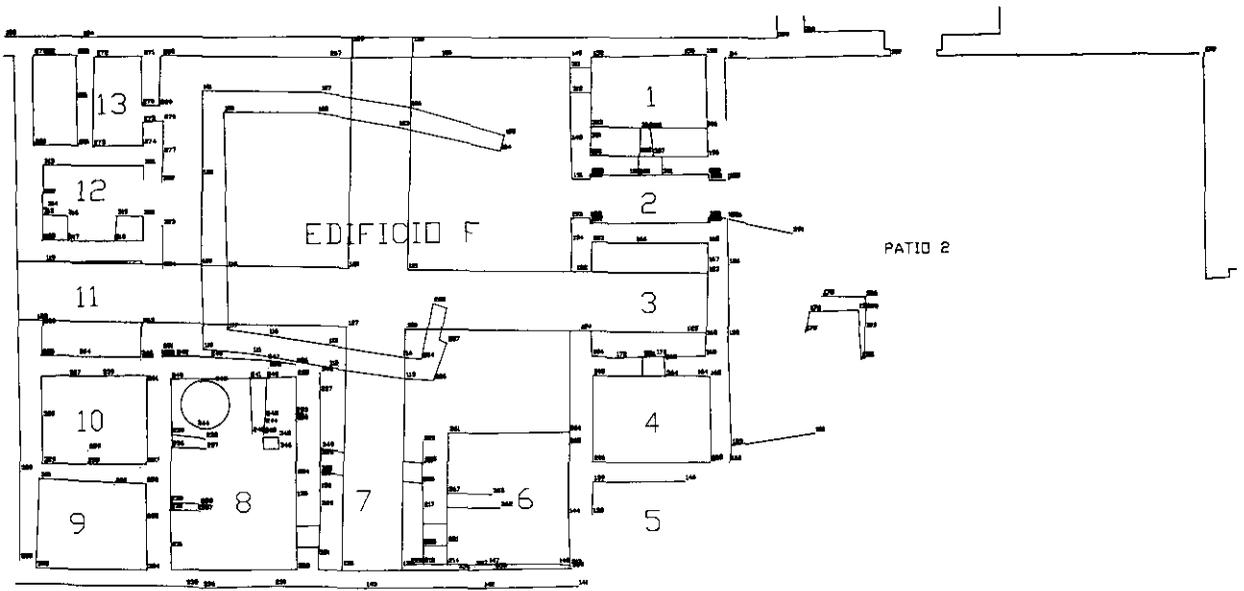
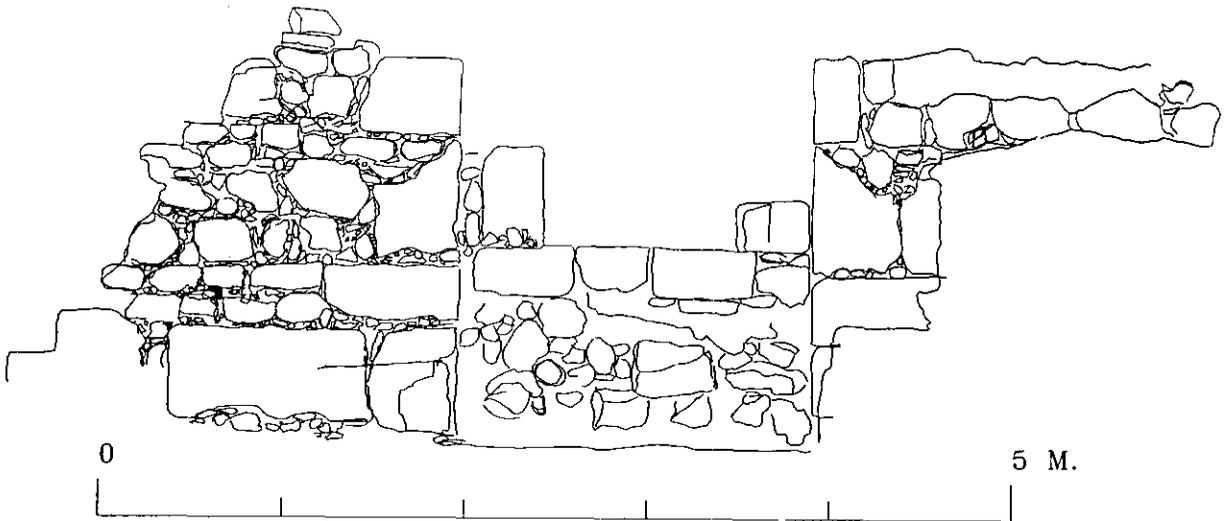


Fig. 6.



PALACIO OMEYA DE AMMAN. EDIFICIO F. PUERTA DE ACCESO EXTERIOR. ALZADO ESTE

Fig. 7.

notoriamente más económico que los tradicionales utilizados en fotogrametría y es incluso previsible que en un futuro se reduzcan aún mas los costos.

Como resumen de la experiencia, aún reducida, de que ya disponemos, podemos decir que en general la medición con taquímetro resulta especialmente útil, aparte de para el establecimiento de la red general de estaciones y de la medición de puntos de apoyo, para la medición de las plantas cuando éstas no tienen

excesiva complicación en el detalle y no está prevista la restitución de alzados o secciones. Allí donde la complicación del detalle obligaría a medir muchos más puntos, la fotogrametría resulta más adecuada. Los sistemas manuales serán siempre necesarios para completar detalles, zonas ocultas y lagunas cuya restitución fotogramétrica obligaría a unos trabajos de toma de datos y orientación de modelos desproporcionados con lo que hay que dibujar.

En todo caso, creemos que la experiencia más interesante es comprobar cómo se puede utilizar la fotogrametría en levantamientos de escasa entidad sin necesidad de utilizar equipos sofisticados y costosos. En una palabra, creemos que se ha llegado ya a un nivel de equipos susceptibles de integrarse en pequeños centros de investigación o de documentación, tanto por ser de un costo ya asumible, como por poder ser utilizados por personal sin una gran especialización en fotogrametría.

## BIBLIOGRAFIA

ALMAGRO, A.

- 1986 «Le relevé photogrammétrique de la Giralda à Seville; Le relevé Photogrammétrique de la Citadelle d'Amman», *Relevés photogrammétriques d'Architecture Islamique*. Tunis., pp. 41-54, 177-188.

ALMAGRO, A.

- 1988 «La Alhambra y la representación de su arquitectura», *Fotogrametría y representación de la arquitectura. X Symposium Internacional de Fotogrametría Arquitectónica*, Granada, 141-154.

PEIPE, J.

- 1988 «A new photogrammetric equipment including a CAD system for the survey of buildings». *Fotogrametría y representación de la arquitectura. X Symposium Internacional de Fotogrametría Arquitectónica*, Granada, 229-238.

WESTER-EBBINGHAUS, W.

- 1983 «Ein photogrammetrisches System für Sonderanwendungen», *Bildmessung und Luftbildwesen* 51 (3), 118-128.