

# LEVANTAMIENTO FOTOGRAMÉTRICO Y MODELIZACIÓN TRIDIMENSIONAL DEL SANTUARIO DE NUESTRA SEÑORA DE LA FUENSANTA

ARQUITECTURA TÉCNICA

AUTOR: EMILIO SOLER ALEMÁN

DIRECTORA: JOSEFINA GARCÍA LEON

DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ARQUITECTURA Y TECNOLOGÍA DE LA EDIFICACIÓN

FECHA: SEPTIEMBRE 2013







Para ti, que me has hecho ser quien soy.  
Gracias a todos por la paciencia que habéis tenido conmigo.



# Índice

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>13</b>
1.1 OBJETIVOS.....	14
1.2 HISTORIA DEL SANTUARIO DE NUESTRA SEÑORA DE LA FUENSANTA.....	15
1.3 SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO.....	18
1.4 DESCRIPCIÓN DEL SANTUARIO .....	20
1.5 DATOS CATASTRALES.....	22
1.6 ORTOIMAGEN REPRESENTANDO EL PERFIL LONGITUDINAL.....	24
<b>2. CONCEPTOS BÁSICOS</b>	<b>27</b>
2.1 ¿QUÉ ES LA FOTOGRAMETRÍA? .....	27
2.2 PRINCIPIOS GENERALES .....	28
2.3 HISTORIA DE LA FOTOGRAMETRÍA .....	29
2.3.1 HITOS EN EL DESARROLLO DE LA FOTOGRAMETRÍA.....	30
2.4 SISTEMAS DE RESTITUCIÓN .....	33
2.4.1 RESTITUCIÓN GRÁFICA.....	33
2.4.2 RESTITUCIÓN ANALÓGICA .....	33
2.4.3 RESTITUCIÓN ANALÍTICA.....	34
2.5 FOTOGRAMETRÍA DIGITAL .....	35
2.6 EL MÉTODO GENERAL DE LA FOTOGRAMETRÍA CLÁSICA .....	37
2.6.1 PROCESO DE TOMA FOTOGRÁFICA.....	38
2.6.2 PROCESO DE RECONSTRUCCIÓN DE LA SUPERFICIE DEL OBJETO.....	38
2.7 REGLAS 3X3 .....	40
2.8 TOMA FOTOGRÁFICA .....	42
2.8.1 CONDICIONES ATMOSFÉRICAS.....	42
2.8.2 PROFUNDIDAD DE CAMPO .....	42
2.8.3 TEMPERATURA COLOR.....	43
2.8.4 LA SENSIBILIDAD ISO .....	43

<b>3. PROGRAMAS Y MATERIAL UTILIZADO</b>	<b>47</b>
3.1 PHOTOMODELER SCANNER .....	47
3.2 3DS MAX.....	47
3.3 ADOBE PHOTOSHOP .....	48
3.4 SKETCHUP .....	48
3.5 CANON EOS 5D MARK II .....	49
3.6 OBJETIVOS.....	56
3.6.1 CANON EF 50MM F/1.8 II.....	56
3.6.2 CANON EF 70-200MM F/4L USM .....	57
3.6.3 CANON EF 24-105MM F/4L IS USM .....	58
3.7 CARACTERÍSTICAS DE LAS IMÁGENES .....	59
<b>4. TRABAJO DESARROLLADO</b>	<b>61</b>
4.1 ORIENTACIÓN INTERNA.....	62
4.1.1 CALIBRACIÓN DEL OBJETIVO CANON EF 50MM .....	63
4.1.2 CALIBRACIÓN DEL OBJETIVO CANON EF 70-200MM EN LA DISTANCIA FOCAL DE 70MM .....	65
4.1.3 CALIBRACIÓN DEL OBJETIVO CANON EF 70-200MM EN LA DISTANCIA FOCAL DE 200MM .....	67
4.1.4 CALIBRACIÓN DEL OBJETIVO CANON EF 24-105MM EN LA DISTANCIA FOCAL DE 24MM .....	69
4.1.5 CALIBRACIÓN DEL OBJETIVO CANON EF 24-105MM EN LA DISTANCIA FOCAL DE 105MM .....	71
4.2 TRABAJO DE CAMPO .....	72
4.2.1 DATOS DE LA TOMA DE FOTOGRAFÍAS.....	75
4.2.2 POSICIÓN DE LAS CÁMARAS .....	76
4.3 TOMA DE DATOS DE DISTANCIAS LINEALES .....	77
4.4 ORIENTACIÓN RELATIVA.....	77
4.4.1 MARCAR PUNTOS .....	78
4.4.2 CURVE THROUGH POINTS.....	80
4.4.3 RMS - VALOR RESIDUAL MÁXIMO .....	81
4.4.4 PROCESADO AUTOMÁTICO, PROCESADO MANUAL.....	82
4.4.5 EMPEDRADO .....	83
4.5 REALIZACIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL.....	85
4.5.1 MARK SURFACE POINT - LINE MODE.....	85
4.5.2 SWEEP MODE .....	86
4.5.3 TEXTURAS .....	87

4.6 ORIENTACIÓN ABSOLUTA.....	90
4.7 VISTA DEL MODELO EN PHOTODELER .....	92
4.8 PRUEBA CON 123D CATCH .....	94
<b>5. MEJORAS EN EL MODELO TRIDIMENSIONAL</b>	<b>97</b>
5.1 3DS MAX.....	97
5.2 MODIFICAR TEXTURAS .....	97
5.3 AÑADIR IMAGEN DE TERRENO EN 3D .....	101
5.4 CREAR OBJETOS PARA COMPLEMENTAR EL MODELO .....	103
<b>6. RESULTADOS</b>	<b>107</b>
6.1 RESULTADOS DE LA ORIENTACIÓN INTERNA.....	107
6.2 RESULTADOS DE LA ORIENTACIÓN RELATIVA Y ABSOLUTA .....	109
<b>7. CONCLUSIONES</b>	<b>119</b>
7.1 CONCLUSIONES .....	119
7.2 LÍNEAS FUTURAS .....	120
7.3 UTILIZACIÓN PROFESIONAL DE LOS CONOCIMIENTOS ADQUIRIDOS.....	121
<b>LISTADO DE FIGURAS</b>	<b>125</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>129</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>133</b>
ANEXO I - FOTOGRAFÍAS UTILIZADAS.....	135
ANEXO II - RESULTADOS ORIENTACIÓN RELATIVA TOMAS CONVERGENTES .....	139







# 1. Introducción

*“El santuario de la Fuensanta implica una serena contemplación, una especie de alerta del espíritu para traducir lo que los ojos captan, en emociones hondas y equilibradas. Es un reflejo de la ternura levemente estremecida.”*

*José Ballester. La Virgen de la Fuensanta y su santuario del monte.*

La elección del Santuario de Nuestra Señora de la Fuensanta para realizar el proyecto final de carrera realmente fue motivado por la complejidad de su arquitectura, ya que era el reto para resolver el conjunto arquitectónico a través de un proyecto de fotogrametría convergente de bajo coste. Quise contribuir, como tantos otros murcianos hicieron antes, a ensalzar este trocito de paz y sosiego de nuestras tierras murcianas.

El proyecto se divide en las siguientes fases:

- Calibración de la cámara.
- Toma fotográfica del edificio.
- Procesado de los datos mediante software informático (Photomodeler).

Tras realizar esto explicaré algunos pasos más para mejorar el modelado, corregir texturas con Photoshop, añadir objetos hechos en 3ds Max y añadir el resultado final a Google Earth para que todo el mundo pueda verlo.

## 1.1 Objetivos

El objetivo principal del presente Proyecto Fin de Carrera consiste en realizar el levantamiento y la modelización del Santuario de Nuestra Señora de la Fuensanta en Murcia mediante técnicas fotogramétricas de bajo coste.

Dentro de la obtención del modelo, tenemos otros objetivos que esperamos poder cumplir al término de este proyecto:

-El levantamiento fotogramétrico debe cumplir las exigencias de calidad que impone el programa Photomodeler.

-El modelo debe de representar lo más exacto posible la arquitectura de los edificios a representar.

-Una vez obtenido el modelo tridimensional y habiendolo escalado, debemos de comparar las medidas obtenidas con las distancias reales logrando unos errores aceptables.

-El modelo debe de poseer unas texturas que identifiquen las fachadas del Santuario lo más fielmente posible, estando éstas libre de objetos no propios de su arquitectura.

## 1.2 Historia del Santuario de Nuestra Señora de la Fuensanta.

Nada queda hoy en restos arqueológicos que nos permita escrutar cuándo y cómo la piedad cristiana identificó la santidad de la fuente con una imagen de Nuestra Señora. La fecha más alejada de nosotros en que hay alusión a la Fuensanta, topográficamente, es del siglo XV. Después se registra la presencia de piadosos penitentes, los cuales pudieron haber edificado por sí mismos sus ermitas, puesto que al principio vivían aislados unos de otros.

La denominación abarca una superficie muy dilatada, pues cuando en 1443 el regidor Juan Mercader fundó el convento de Santa Catalina del Monte para los franciscanos, se hace constar que la concesión del Ayuntamiento es “en terrenos de la Fuensanta”. Y esos terrenos distan del santuario varios kilómetros.

Mención expresa a la ermita, sea o no la primitiva, no la hay antes de 1429, al otorgarse en donación a Pedro Busquete un trozo de tierra que ya cultivaba, “en el agua que es e sale baxo de la ermita de Santa María de la Fuensanta, término de esta dicha cibdad...”. Esto es en febrero de 1429.

Un mes más tarde hay constancia de unas obras que el Municipio proyecta, pues entonces comparece ante el Concejo Miguel de Albacete “obrero de la yglesia e ermita de Santa María de la Fuensanta...”.

Con referencia a una restricción protocolaria que hacía pagar 25 maravedís, el Doctoral, en sus Apuntamientos escribe: “1485. Concejo de 22 nov. la ciudad concedió el dominio del término de la Fuensanta a la Virgen”. También toma nota el Doctoral, de que en 1521, al deshacerse la sacristía de la Catedral “las vigas se llevaron a la Fuensanta” acaso para efectuar algunas reparaciones o mejoras.

La iglesia donde hasta fines del siglo XVII se daba culto a la Fuensanta estaba edificada en el emplazamiento de lo que hoy es el monasterio de las monjas benedictinas.

El Doctoral dice en uno de sus Apuntamientos: “Iglesia nueva la hizo S. Chantre Lucas Marín desde 1694 a 1711 ó 12”. En su historia del Santuario precisa que las obras se inauguraron el 16 de febrero.

La iniciativa de que designara emplazamiento para la obra partió del Cabildo Catedral a instancia de “algunas personas”, y así lo comunicó al Concejo.

Parece que el técnico encargado de dirigir la edificación fue el hermano carmelita descalzo Francisco de Jesús María, pues así lo solicitó el Cabildo Catedral al P. General. El 16 de febrero se hizo estallar el primer barreno para volar un cerro y explanar el suelo. La madera necesaria fue donada, a petición del Cabildo, por la marquesa de los Vélez.

Acabada la gruesa estructura de la obra arquitectónica, lo demás se fue enriqueciendo posteriormente.

Se ha calculado que el total de gastos ocasionados por la construcción del santuario es casi equivalente a los que se invirtieron en la portada de la Catedral, es decir, un millón y ochocientos mil reales.

De los acontecimientos luctuosos que se desarrollaron en España en el período 1936-39 no quedó exceptuado el Santuario. A finales de Julio de 1936 se desmanteló el mobiliario y algunas imágenes quemándose parte en una hoguera frente a la fachada del templo, lo restante fue robado.

En junio de 1939 se constituyó una “Comisión pro restauración del Santuario de Nuestra Señora de la Fuensanta”. En otoño de 1939 ya se habían efectuado trabajos en el templo, bajo la dirección gratuita del arquitecto don Rafael Castillo. Fueron revestidos los aleros de las torres, para defenderlos de la lluvia. En abril de 1940 se habían invertido cerca de setenta mil pesetas en la consolidación de los muros, trabándolos con hierros, en el retejado de las cubiertas y en la reposición del destrozado pavimento. Rehiciéronse las escalinatas central y lateral y se instaló con carácter provisional, para que pudiera celebrarse el culto, un retablo procedente de alguna de las iglesias destruidas. También se llevó a cabo la construcción de celosías y pulpitos.

Pero la tarea más importante en aquel período iba ejecutándose al



**FIG 1.01- Santuario de la Fuensanta**  
Santuarios marianos de Valencia y Murcia.  
Andrés de Sales Ferri

exterior. Su artífice fue el miembro de la Comisión don José Alegría Nicolás. Hizo el camino de acceso a la casa alta y reconstruyó las cuestas trazando una nueva a consecuencia de esta última mejora. En la parte posterior de la iglesia abrió una vereda y levantó una serie de edículos correspondientes a los misterios del Rosario, muy artísticos, así como los del Vía Crucis. Reparó sólidamente el muro de contención del atrio, ensanchando éste en casi un metro. Sobre la elevación del terreno que hay a poniente del templo edificó un altar para servir de paso final al Vía Crucis y facilitó la subida con una escalinata.

La fuente que da nombre al lugar había experimentado mucho destrozo; en primer lugar Alegría consiguió aumentar el caudal de agua que había disminuido considerablemente, para lo cual hizo descender su nivel; abrió nuevas galerías, rehizo la balsa a la altura nueva que la toma de agua exigía y adecentó la explanada en torno; acometió la consolidación y restauración del frontis con la histórica lápida que lo avalora; hizo levantar en la parte nordeste el amplio mirador con perspectiva de toda la huerta; y de modo que pueda servir para celebrar misas de campaña en ocasión de grandes aglomeraciones.

El 15 de mayo de 1950, se acordó disolver la entidad que tan ardua labor había desarrollado, considerando que era tiempo de dar paso a una nueva junta para acometer la decisiva reforma interior.

En las décadas de 1950 y 1960 se ejercieron actuaciones de diversa índole: se instaló una línea eléctrica y un transformador, se hizo un descortezamiento a los muros del templo, se pavimentó la iglesia con losas, se instalaron relieves, se abrieron al exterior las puertas laterales que antes habían estado impracticables y se amplió el paso a lo largo de las naves de las capillas, etcétera.

### 1.3 Situación y emplazamiento

El Santuario de Nuestra Señora de la Fuensanta se localiza en el paraje natural del Valle, en la Sierra de Carrascoy, cerca de la pedanía murciana de Algezares y a 5 km y medio de la ciudad de Murcia.



**FIG 1.02- La Fuensanta en la pedanía murciana de Algezares**

<http://cartomur.imida.es/visorcartoteca/>

La fachada sureste del santuario tiene, a unos 5 metros, árboles de unos 15 metros que tapan gran parte de la fachada. La parte del monasterio tiene una explanada que se utiliza como aparcamiento de unos 50 metros. Por eso esta fachada ha salido realmente bien en el modelado final. A unos 100 metros comienza el monte, el cual se eleva unos 40 metros desde el nivel del aparca-

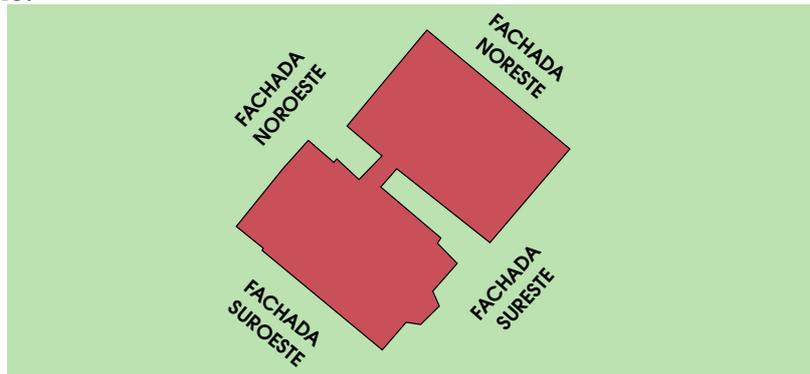


**FIG 1.03- Ortofoto del lugar del Santuario**

<http://cartomur.imida.es/visorcartoteca/>

miento, y desde donde realicé varias fotografías para captar la cubierta.

En la cara suroeste tenemos a lo largo de la fachada una distancia de unos diez metros asfaltados y libre de obstáculos. Más allá hay un corte en el terreno de unos 3 metros, con la presencia de varias pinos, que nos impide tomar fotografías. Al oeste tenemos un montículo con un árbol que nos impide tomar fotografías de esta fachada con la inclinación que me gustaría. A 250 metros está el antiguo Seminario de verano elevado unos 30 metros con respecto al Santuario.



**FIG 1.04- Fachadas de los edificios**

Al noroeste se encuentra la fachada principal del Santuario. De la portada descienden doce escalones con un desnivel de 2 metros. Luego hay una zona de unos 5 metros asfaltada, tras esto tenemos el camino que desciende a la Fuente Santa, la cual está 30 metros más abajo. Desde la zona norte hay unas hermosas vistas de la ciudad de Murcia, las cuales se pueden disfrutar más aún tomándote un aperitivo desde el quiosco Quitapesares, frente a la fachada del monasterio de las Benedictinas.



**FIG 1.05- Casa del Cabildo**

<http://www.regmurcia.com/>

Al noreste tenemos una rampa que llega a la casa del Cabildo, ésta se eleva unos 10 metros. El edificio posee tres plantas. Se puede decir que responde a un estilo neoárabe porque los arcos de sus ventanas son polilobulados en la planta baja, y de herradura en la planta primera, además van remarcados con su alfiz correspondiente en tono de color rojizo. Los muros están realizados en piedra, con ladrillos, y en tonos amarillentos, lo cual hace resaltar aún más si cabe los tonos rojizos de los alfices antes mencionados.

## 1.4 Descripción del Santuario

El santuario es de estilo barroco, disponiendo de una nave central que tiene una serie de capillas en sus laterales y una cúpula sobre el crucero. En la parte exterior dispone de una fachada central de Toribio Martínez de la Vega con torres laterales.



FIG 1.06- Frontal del Santuario



FIG 1.07- Detalle cruz

La portada, construido de piedra, presenta un amplia puerta en arco de medio punto. En ella hay dos ángeles sosteniendo el escudo del cabildo catedralicio de Murcia y en el centro se encuentra la figura de la Virgen de la Fuensanta realizada por Jaime Bort, a sus lados se encuentran San Fulgencio y San Patricio. Esta fachada está simétricamente enmarcada por cuatro vanos rectangulares, dos ventanas elípticas con rejería y dos vanos circulares ciegos, uno de los cuales está ocupado por la esfera de un reloj. Corona la fachada un gran frontón presidido por artística Cruz de forja, todo ello enmarcado por las dos torres con balaustradas.



**FIG 1.08- Fachadas del Monasterio de las Benedictinas**

El resto de sus fachadas se articulan a base de una especie de verdugadas, de distinta piedra, es decir, el paramento más cercano a las ventanas se hace con un tratamiento más pulido, mientras que las franjas centrales de los paramentos, se hacen a base de un tratamiento más rústico.

## 1.5 Datos catastrales

La referencia catastral es **5407604XH6050N0001FB**

### DATOS DEL INMUEBLE

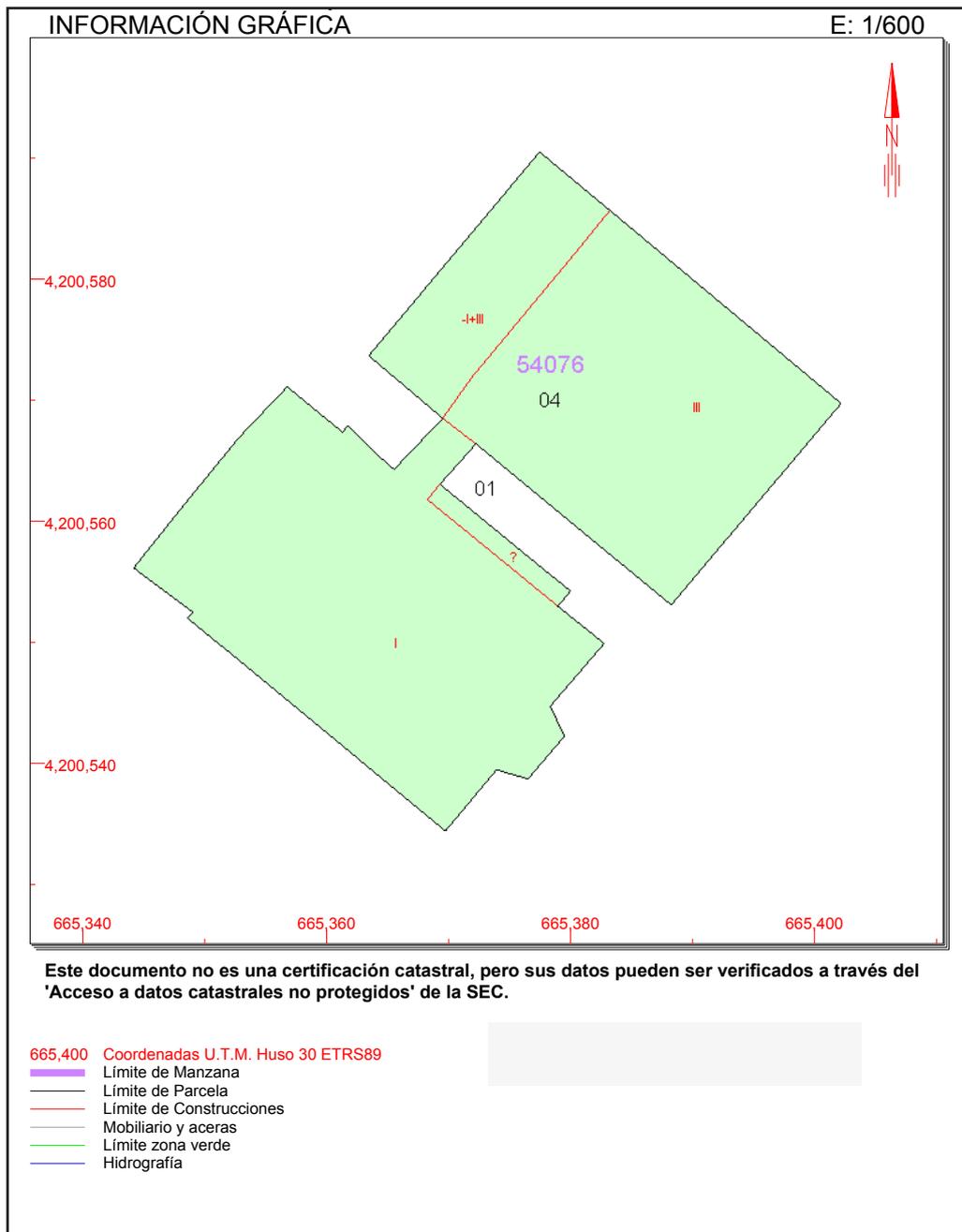
LOCALIZACIÓN	DS SANTUARIO FUENSANTA 46 Es:1 Pl:01 Pt:0B 30157 Murcia, Algezares. Murcia
USO LOCAL PRINCIPAL	Religioso
AÑO CONSTRUCCIÓN	1900
COEFICIENTE DE PARTICIPACIÓN	100,00
SUPERFICIE CONSTRUIDA [m <sup>2</sup> ]	2.952

### DATOS DE LA FINCA A LA QUE PERTENECE EL INMUEBLE

SITUACIÓN	DS SANTUARIO FUENSANTA 46 Murcia, Algezares. Murcia
SUPERFICIE CONSTRUIDA [m <sup>2</sup> ]	2.952
SUPERFICIE SUELO [m <sup>2</sup> ]	1.378
TIPO DE FINCA	Parcela construida sin división horizontal

### ELEMENTOS DE CONSTRUCCIÓN

Uso	Escalera	Planta	Puerta	Superficie m <sup>2</sup>
RELIGIOSO	1	00	0A	647
RELIGIOSO	1	-1	0B	154
RELIGIOSO	1	00	0B	710
RELIGIOSO	1	01	0B	731
RELIGIOSO	1	02	0B	710



**FIG 1.09- Información catastral**

<https://www1.sedecatastro.gob.es/OVCFrames.aspx?TIPO=CONSULTA>

## 1.6 Ortoimagen representando el perfil longitudinal



FIG 1.10- Corte en el terreno nº1. Sentido del corte de Sur a Norte  
<http://iderm.imida.es/iderm/lidarmur/>

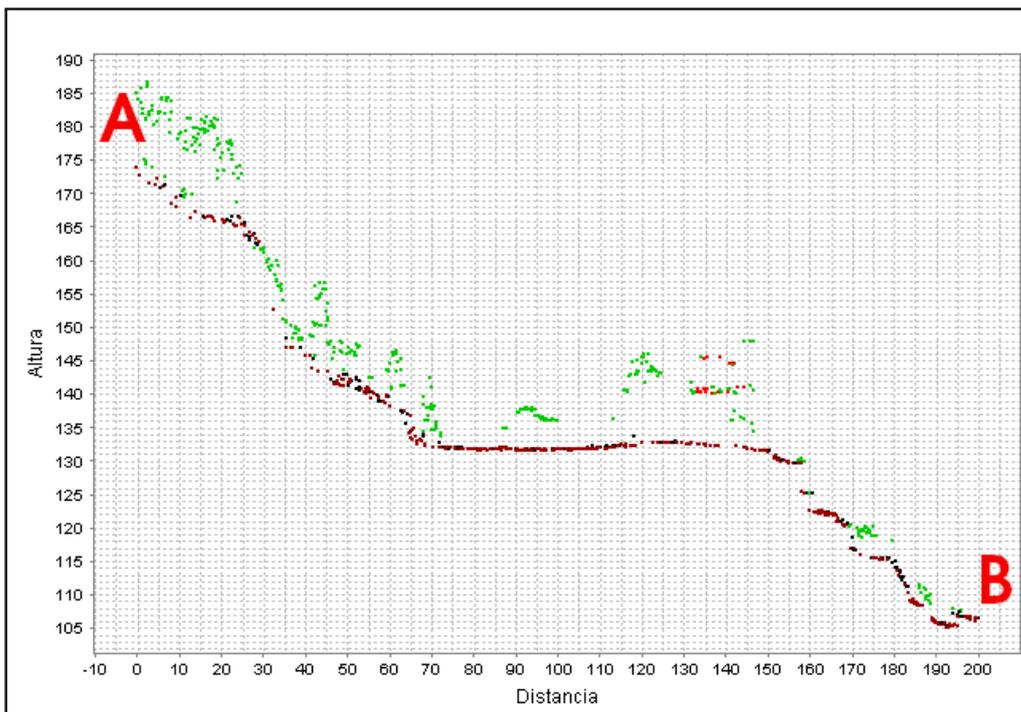
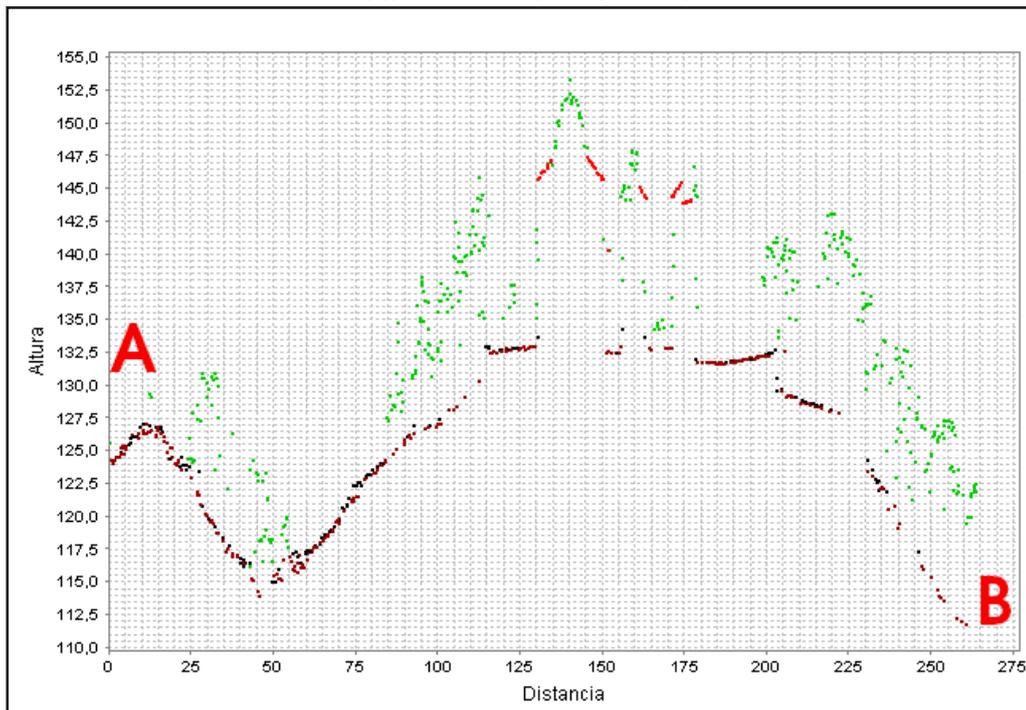


FIG 1.11- Perfil longitudinal del corte nº1  
<http://iderm.imida.es/iderm/lidarmur/>



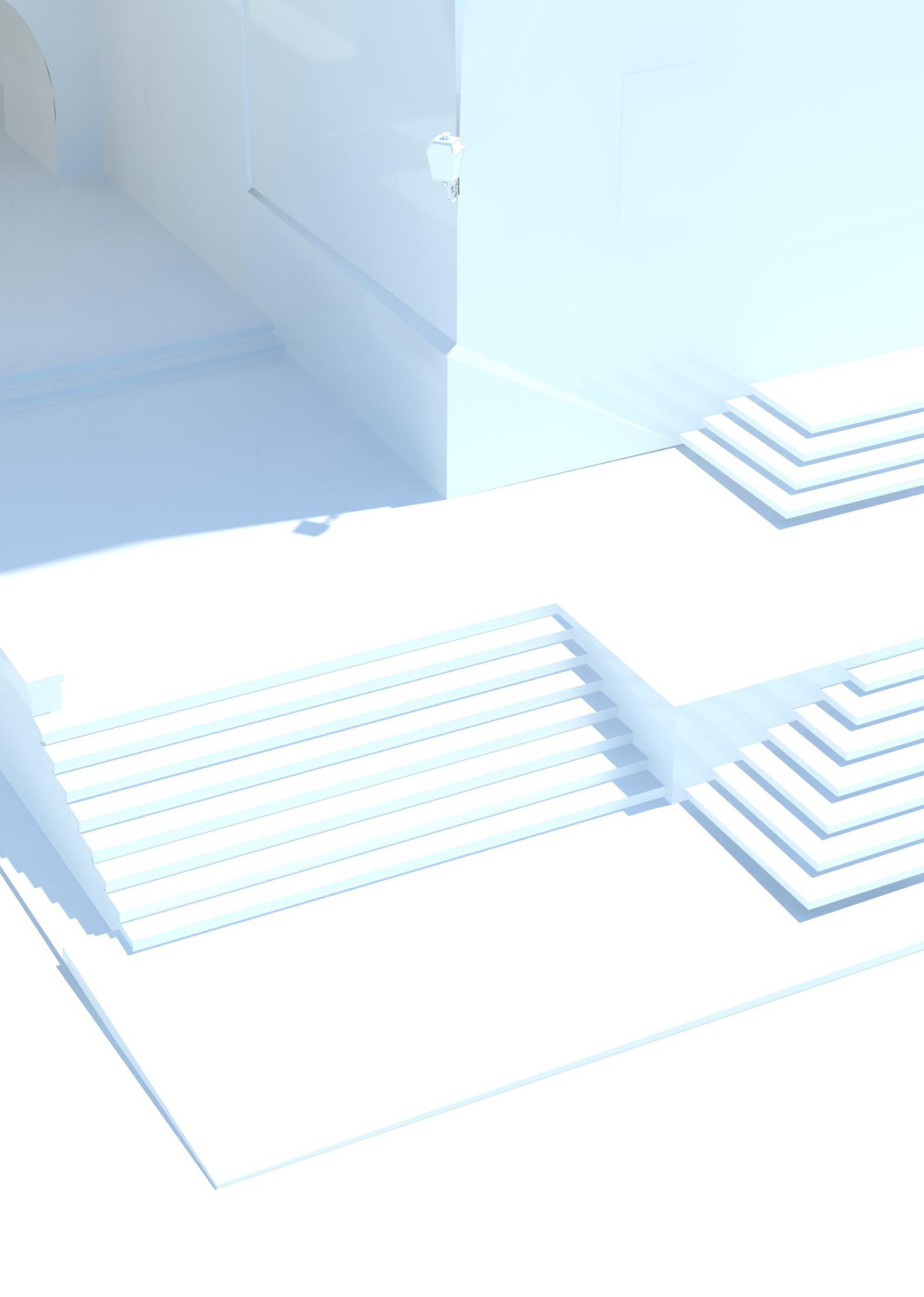
**FIG 1.12- Corte en el terreno nº2. Sentido del corte de Oeste a Este**

<http://iderm.imida.es/iderm/lidarmur/>



**FIG 1.13- Perfil longitudinal del corte nº2**

<http://iderm.imida.es/iderm/lidarmur/>



## 2. Conceptos básicos

### 2.1 ¿Qué es la fotogrametría?

La fotogrametría es una disciplina que crea modelos en 3D a partir de imágenes 2D. Obtiene características geométricas de los objetos que representan mediante el uso de relaciones matemáticas establecidas en la geometría proyectiva, y de la visión estereoscópica que posee, en forma natural, el ser humano. Ya que las imágenes de los objetos son obtenidas por medios fotográficos, la medición se realiza a distancia, sin que exista contacto físico con el objeto.

Etimológicamente, la palabra fotogrametría se deriva de las palabras griegas φως (photos), que significa luz; γραμμα (gramma), que significa lo que está dibujado o escrito, y μετρον (metrón), que significa medir. Usando en conjunto esas palabras fotogrametría significa **medir gráficamente por medio de la luz**.

La definición adoptada por la Sociedad Internacional de Fotogrametría y Sensores Remotos (ISPRS) es: *“Fotogrametría es la ciencia de realizar mediciones e interpretaciones confiables por medio de las fotografías, para de esa manera obtener características métricas y geométricas (dimensión, forma y posición), del objeto fotografiado”*.

Por otra parte, la sociedad americana de fotogrametría y sensores remotos (ASPRS), tiene la siguiente definición, ligeramente mas completa que la anterior: *“Fotogrametría es el arte, la ciencia y la tecnología de obtener información confiable de objetos físicos y su entorno, mediante el proceso de exponer, medir e interpretar tanto imágenes fotográficas como otras, obtenidas de diversos patrones de energía electromagnética y otros fenómenos.”*

Desde sus inicios, la fotogrametría se ha convertido en la herramienta indispensable en la producción de la base cartográfica de todos los países del mundo. Si bien la fotogrametría tuvo su inicio en el levantamiento de fachadas arquitectónicas y plantas de edificios, mediante el uso de fotografías terrestres, pronto se utilizaron las fotografías aéreas para el levantamiento de la cartografía

de base, lo que le dio el tremendo auge que ha mantenido hasta nuestros días. Esta capacidad de cartografiado de base la convierte también en la fuente primigenia de información para la cartografía temática y para los sistemas de información geográficos.

A partir de los años ochenta, el desarrollo acelerado de la computación, condujo al establecimiento de la teledetección como consecuencia lógica de la evolución de la fotointerpretación, así como al desarrollo de técnicas de tratamiento computarizado de imágenes digitales y al desarrollo de la visión por computadora. Actualmente, con el apoyo de la computación, la fotogrametría se ha convertido en una disciplina indispensable en el campo de la cartografía, a la vez que aumenta el número de sus usuarios debido a que los equipos fotogramétricos de elevado costo, están siendo desplazados por programas de precio menor, o por programas desarrollados por los mismos usuarios.

## 2.2 Principios generales

La fotogrametría es un sistema de medición basado en el uso de fotografías. Como vamos a ver, se apoya en los mismos principios que los sistemas topográficos, es decir, determinar direcciones en el espacio y definir mediante ellas la posición de determinados elementos de un objeto o edificio. En lugar de medir esas direcciones mediante un teodolito, se utilizan perspectivas obtenidas mediante fotografías.

La fotografía es un sistema automático de registro de imágenes perspectivas. La perspectiva, como sistema de representación de proyección centrada, es el resultado de la intersección con un plano de proyección o plano de imagen, del haz de direcciones generado al unir los puntos a representar con el centro de proyección. Esto significa que si disponemos de una imagen fotográfica y conocemos la posición relativa de su centro de proyección (orientación interna), podremos reconstruir el haz proyectivo y con ello las direcciones de todos los puntos que aparezcan registrados en la imagen. Si además conocemos la posición y orientación de la cámara en el momento de obtención de la imagen (orientación externa), tendremos determinadas las direcciones del espacio de todos esos puntos referidas no sólo a la estación o punto de toma de la fotografía, sino al sistema general de coordenadas.

Con una sola imagen, es decir, con un sólo haz de direcciones, no

podremos determinar la posición en el espacio de ningún punto, salvo que conozcamos algún otro dato, como puede ser su pertenencia a un mismo plano perfectamente definido en su situación y orientación. Pero si utilizamos dos perspectivas, o dos fotografías, tomadas desde dos puntos distintos, tendremos datos suficientes para poder

## 2.3 Historia de la fotogrametría



**FIG 2.01- Johann Heinrich Lambert**

<http://fixquotes.com/authors/johann-heinrich-lambert.htm>

La fotogrametría es una técnica que cuenta con una larga trayectoria, ya por el año 350 a. C. Aristóteles se refirió al proceso de proyección óptica de las imágenes. En el Renacimiento, diversos pintores y tratadistas, en particular Leonardo da Vinci y Alberto Dürero, investigan de forma sistemática sobre las leyes de la perspectiva. En 1636 Girard Desargues publicó su primer libro con el objeto de racionalizar la geometría proyectiva. En 1759 el matemático alemán Johann Heinrich Lambert publicó la “Freye Perspective”. En este

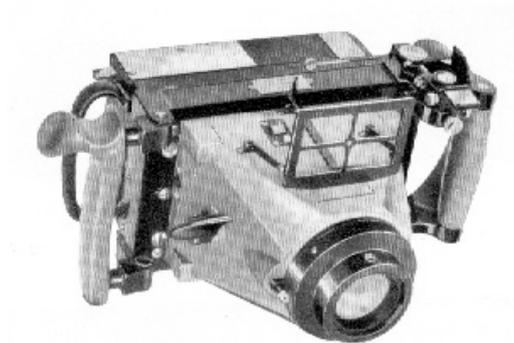
texto ya se sugería que los principios de la perspectiva se podrían utilizar para la obtención de planos y mapas.

Habrá que esperar sin embargo hasta el siglo XIX para que un oficial francés de Ingenieros, el capitán Aimé Laussedat, empiece a utilizar perspectivas obtenidas con una cámara clara, invención del británico Wollaston, para medir edificios. Mayor éxito que Laussedat logró el alemán Albrecht Meydenbauer, a quién se debe el nombre que hoy damos a esta técnica.

Tanto Laussedat como Meydenbauer utilizaban el llamado método de las intersecciones, que es un procedimiento gráfico en el que es preciso conocer la posición desde la que se ha tomado cada fotografía y las direcciones de los ejes ópticos de la cámara en cada estación. Este método, muy laborioso y que exige trabajar con fotografías de gran formato, siguió empleándose hasta prácticamente la segunda Guerra Mundial.

El método de la estereofotogrametría utiliza pares de fotografías obte-

nidas con ejes sensiblemente paralelos de tal manera que sea posible observar las fotos estereoscópicamente. Este fenómeno fue utilizado por Stolze. Sobre los avances de Stolze en la identificación de puntos homólogos, Pulfrich construyó en 1901 un estereocomparador, primer aparato de precisión para la medición fotogramétrica y que es la base de todos los actuales aparatos de restitución. En 1908, el oficial de ingenieros austriaco Von Orel construye el primer estereoaatógrafo, que era un aparato de restitución que permitía el dibujo continuo y semiautomático.



**FIG 2.02- Antigua cámara fotogramétrica de mano Wild**

<http://www.efn.uncor.edu/otros/foto/Fotogrametria.htm>

Con la aparición de los ordenadores que permiten una gran velocidad de cálculo, actualmente la fotogrametría ha vuelto al sistema ya utilizado con los estereocomparadores: el cálculo analítico de las coordenadas espaciales a partir de las coordenadas de imagen medidas con un estereocomparador. La velocidad de cálculo que brinda el ordenador permite la restitución inmediata en tiempo real.

### 2.3.1 Hitos en el desarrollo de la fotogrametría.

<b>1038</b>	Alhazen publica su tratado sobre óptica, traducido al latín en el año 1270, bajo el título <i>Opticae Thesaurus Alhazeni libri vii</i> .
<b>1553</b>	Giovanni Battista della Porta describe detalladamente la cámara oscura; su construcción, así como los usos que se le pueden dar.
<b>1704</b>	Sir Isaac Newton publica el libro <i>Opticks</i> , estableciendo los principios de la óptica moderna.
<b>1725</b>	M. A. Capeller produce un mapa del Monte Pilatus, basándose en dibujos en perspectiva.

---

<b>1727</b>	Johan Heinrich Schulze determina la sensibilidad de las sales de plata a la luz.
<b>1759</b>	Johan Heinrich Lambert desarrolló en su obra <i>Perspectiva libre</i> , el procedimiento sistemático para la transformación de una perspectiva.
<b>1802</b>	Thomas Wedgwood inicia las primeras aplicaciones de las ideas de Schulze.
<b>1819</b>	John Herschel descubre el hiposulfito de sodio, que servirá para fijar la imagen.
<b>1827</b>	Joseph Nicéphore Niépce toma la primera fotografía del mundo.
<b>1832</b>	Sir Charles Wheatstone descubre la forma de recrear la visión estereoscópica mediante dos dibujos con puntos de vista ligeramente diferentes, y un visor para su observación, al que llamó “estereoscopio”.
<b>1837</b>	Louis Daguerre, asociado con Niépce, inventa un proceso de yoduro de plata sobre una placa de cuero. El tiempo de exposición, de ocho horas mediante el proceso de Niépce, se reduce a una veintena de minutos.
<b>1839</b>	El 19 de agosto, François Arago, un geodesta de la Academia Francesa de Ciencia, anuncia en sesión pública de la Academia de Ciencias de París el proceso fotográfico directo creado por Luis Daguerre, dándole el nombre de “Daguerrotipo”.
<b>1839</b>	John Herschel adopta el término “fotografía”.
<b>1840</b>	François Arago, demostró la posibilidad de usar fotografías en los levantamientos topográficos.
<b>1849</b>	El oficial Aimé Laussedat, del cuerpo de ingenieros del ejército francés inicia los primeros experimentos con la perspectiva mediante cámara lúcida, para realizar levantamientos topográficos.
<b>1852</b>	El oficial Aimé Laussedat adopta la fotografía para reemplazar la cámara lúcida en los levantamientos topográficos. A este procedimiento le puso el nombre de “metrofotografía”.
<b>1855</b>	El fotógrafo Gaspard-Félix Tournachon (Nadar) toma la primera fotografía aérea del mundo, sobre el poblado de Petit-Bicêtre, desde un globo. El 23 de octubre de ese mismo año, patenta la idea de utilizar la fotografía aérea para realizar los levantamientos topográficos y la realización de mapas.

- 1859** El coronel Aimé Laussedat presenta una recopilación de sus experimentos.
- 1873** Creación de las emulsiones fotográficas modernas por John Burgess.
- 1885** Primer registro fotogramétrico de sitios arqueológicos, en las ruinas de Persépolis.
- 1888** El capitán Edouard Gaston Daniel Deville inicia la fotogrametría terrestre en Canadá, como alternativa a los levantamientos topográficos extensos, convirtiéndola en un procedimiento rutinario.
- 1892** F. Stolze inventa la marca flotante (índice móvil).
- 1893** El arquitecto Albrecht Meydenbauer introduce el término “fotogrametría”.
- 1896** Edouard Gaston Daniel Deville presenta el primer instrumento que usa pares estereoscópicos para realizar planos de línea.
- 1909** Carl Pulfrich inicia experimentos con fotos estereoscópicas.
- 1909** El 24 de abril, un fotógrafo toma la primera fotografía aérea desde un avión, pilotado por Wilbur Wright, sobre Centocelli, cerca de Roma, durante uno de los vuelos de entrenamiento realizados para oficiales de la armada italiana.
- 1910** Fundación de la Sociedad Internacional para la Fotogrametría, ISP en sus siglas en inglés, actualmente ISPRS, en Austria por E. Dolezal.
- 1913** Primer congreso de la ISP, llevado a cabo en Viena.
- 1913** El capitán Cesare Tardivo produce el primer fotoplano basado en fotografías aéreas tomadas desde un avión sobre Benghazi, Libia.

## 2.4 Sistemas de restitución

### 2.4.1 Restitución gráfica

Los procedimientos gráficos, que fueron los inicialmente utilizados en los orígenes de la fotogrametría, se basan en abatir primero sobre el plano horizontal y luego sobre otro vertical las imágenes y utilizar proyecciones de los haces perspectivos para determinar la posición de los puntos por intersección de los pares de rayos homólogos.

Este procedimiento, que no requiere de ningún instrumento especial, tiene el inconveniente de que la restitución debe realizarse punto por punto, identificando puntos homólogos en cada una de las fotografías. Ello hace que sea laborioso e inexacto en el caso de que no puedan ser fácilmente identificados los pares de puntos homólogos. Por otro lado, la precisión depende notablemente de la escala de la fotografía.

### 2.4.2 Restitución analógica

Los sistemas analógicos se basan en el empleo de instrumentos llamados restituidores, que reproducen, a escala, modelos virtuales del objeto. Estos aparatos permiten la medición de las coordenadas espaciales de los puntos que pueden observarse en las dos imágenes, merced a la identificación de puntos homólogos por medio de la visión estereoscópica y de la marca métrica flotante.

En los restituidores analógicos se requiere que las fotografías se tomen en la disposición que se denomina “caso normal” o sensiblemente cercana a ella. Esta disposición consiste en que los ejes de las dos tomas fotográficas sean paralelos y perpendiculares a la base o línea que une las dos estaciones de toma.

En los aparatos analógicos existen una serie de limitaciones que conviene conocer, y que básicamente se refieren a la imposibilidad de utilizar planos de referencia que se encuentren girados más de “ 51 respecto al plano de la fotografía. Sólo se puede proyectar sobre alguno de los tres planos de referencia. También pueden existir limitaciones, dependiendo de los modelos, respecto a las escalas de restitución y a las focales de las cámaras. Todo ello restringe notablemente su aplicación en fotogrametría terrestre.

### 2.4.3 Restitución analítica

En la actualidad, la mayor parte de los instrumentos de restitución se basan en el cálculo analítico de las coordenadas del objeto a partir de las coordenadas medidas sobre las imágenes. Es fácil deducir que las relaciones geométricas que existen entre los haces de direcciones de cada una de las dos imágenes y los puntos del objeto pueden establecerse de forma matemática. Este sistema, utilizado desde los primeros tiempos de la fotogrametría, presentó siempre el inconveniente de lo engorroso y lento de los cálculos que hay que realizar para cada punto. Esta dificultad limitó notablemente la utilización de los métodos analíticos hasta que los ordenadores permitieron efectuar dichos cálculos en tiempo real.

La aplicación de los ajustes de haces permite un amplio abanico de posibilidades, tanto para la mejora de la precisión en la restitución de edificios que requieren un gran número de fotografías para su completa documentación, como la reducción de los trabajos de campo para la medición de puntos de control. Pero una de las aplicaciones más interesantes de este tipo de programas es la que permite realizar levantamientos de fotogrametría utilizando cámaras no métricas.

La llegada de la etapa analítica representa, ante todo, la inversión de la tendencia convergente de la época anterior. La simbolización abstracta de todos los parámetros geométricos de la Fotogrametría representa, ante todo, la eliminación de restricciones físicas. Podemos hablar de:

**Libertad de toma.** La toma fotográfica no tiene por qué ser estereoscópica y, en consecuencia, ajustada o próxima al Caso Normal. Cualquier toma puede ser resuelta matemáticamente siempre que exista intersección, siempre que sea posible disponer de dos puntos de vista. Con este planteamiento se pierde la potencia de la visión estereoscópica pero se gana en libertad de acción en campo.

**Libertad de restitución.** Los restituidores siguen siendo una gran ayuda pero no son ya imprescindibles. Basta con programar los algoritmos y explotar la potencia de cálculo de los ordenadores para poder obtener coordenadas 3D volcables a cualquier CAD.

**Libertad de cámaras y películas.** Los errores imputables a la cámara (distorsión radial y tangencial) y a las películas (deformación) pueden ser modelizados matemáticamente y pueden, en consecuencia, ser tan grandes como

se quiera. En consecuencia, disminuye la dependencia de materiales de alta calidad. Por otra parte, la independencia alcanza al propio carácter métrico de las cámaras. Puesto que sus parámetros internos no tienen por qué ser conocidos ya de antemano cabe incorporar al proceso fotogramétrico cámaras no calibradas, cámaras sin marcas fiduciales con focal desconocida.

**Incorporación de otros datos.** Tanto en aérea como en terrestre, datos procedentes de cualquier fuente (distancias medidas, condiciones geométricas o físicas, datos procedentes de otros medios, ...) pueden incorporarse sencillamente al método fotogramétrico con la consiguiente ganancia en la robustez y en la libertad del proceso.

**Desarrollo de Terrestre.** La informatización beneficia los métodos donde mayor libertad cabe, esto es, en la Fotogrametría terrestre. Esta disciplina se aproxima bastante al usuario como lo demuestra la proliferación de programas de este estilo en los que no se aplica la visión estereoscópica, prevaleciendo la libertad de toma.

**Ajuste de observaciones.** El planteamiento matemático de los modelos fotogramétricos permite el empleo de datos en cantidad y, en consecuencia, la aplicación de técnicas de ajuste estadístico. La ventaja de ello es que puede llevarse a cabo un análisis sistemático de los errores cometidos y de la propagación de estos desde las observaciones iniciales hasta los resultados finales. La calidad métrica queda cuantificada en estimadores de la precisión y la fiabilidad.

## 2.5 Fotogrametría digital

La evolución de la informática en todos los campos y de manera continua, afecta de forma directa a la fotogrametría. La expansión comercial en fotogrametría digital se produjo en 1990. Hoy, el tratamiento digital de imágenes está produciendo una nueva revolución al permitir sustituir los elementos de alto costo de los equipos de restitución (mecánica y óptica de precisión) por hardware y software informático de costo cada día más reducido.

La fotogrametría digital trabaja con imágenes digitales y pretende automatizar al máximo las tareas que requieren de operadores experimentados, aunque la automatización total no es todavía un hecho real, de momento, sólo es posible su automatización de ciertas partes del proceso fotogramétrico.



**FIG 2.03- Evolución informática en la fotogrametría**

www.gonostopografía.com de Ruben Jeronimo

Entre las ventajas está el poder obtener un fichero de imagen digital cuyos píxeles podremos asignar, no sólo unos valores numéricos de color, sino las coordenadas espaciales del punto del objeto al que corresponde dicho píxel. Es decir, obtenemos un modelo digital, no sólo con datos métricos tridimensionales, sino con información cromática y de texturas. A partir de estos datos es fácil generar representaciones del objeto desde cualquier dirección, en cualquier sistema de proyección y con calidad de imagen fotográfica.

La aparición y la rápida comercialización de las cámaras digitales de gran formato tiene como consecuencia:

**La desaparición de la imagen analógica.** Y desaparecen, con ella, las limitaciones asociadas con el almacenamiento, el transporte y la conservación. No hay ya deterioro o deformación de las imágenes ni se requieren de especiales condiciones espaciales y ambientales para preservar los datos. Ya no se depende de más procesos físicos

**Mayor resolución radiométrica y espectral.** Se dispone de mayor profundidad de color lo que se traduce en mayor calidad, en mejoras de los procesos de matching y en la posibilidad de volar bajo condiciones de iluminación más desfavorables.

**Desaparece el escáner.** Era uno de los mayores problemas de la etapa anterior: el escáner fotogramétrico. Por una parte, la precisión exigible en todo proceso fotogramétrico requería unos equipos de digitalización tremendamente estables y, en consecuencia, caros y delicados. Por otra parte, el tamaño de la imagen requería unos tiempos de escaneado de los que dependía todo el flujo de producción.

**Aparecen nuevos conceptos de cámaras.** Como la cámara barredora (12000 x 1), o la cámara modular (6000 x 6000 x 4, aproximadamente).

**Cambia el concepto de calibración.** En la época anterior imagen y cámara son conceptos distintos pues la imagen se corresponde con la película. No todas las películas se posicionan de forma exactamente igual sobre la cámara y, lo que es más, una vez formada la imagen ésta sigue procesos de deformación que la alejan del modelo inicial de la cámara. En consecuencia las imágenes analógicas requieren de unos “testigos” (marcas fiduciales) que indican la geometría de la cámara sobre la película. Sin embargo, en el caso de las cámaras digitales, la imagen recoge fielmente la propia geometría de la cámara con lo que ya no es necesario el empleo de marcas fiduciales.

**Posibilidades de automatización y de cartografía en tiempo real.** Los distintos aspectos mencionados se traducen en el hecho de que se abren las puertas a la automatización total del proceso y, aún más, a la posibilidad de automatización en tiempo casi real.

Por último hacemos mención a las grandes posibilidades que ha abierto internet, está abriendo, y seguirá aportando en el campo de la fotogrametría. Especialmente están aflorando cada día más suministradores de datos espaciales y de sistemas de metainformación. Las últimas tendencias apuntan al mayor uso del láser para la modelización tridimensional de objetos y superficies, la fotogrametría completamente automática y la fotogrametría usando los móviles.

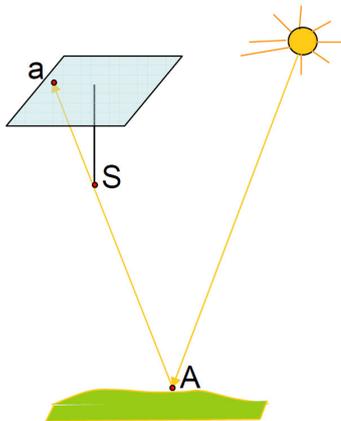
## 2.6 El Método General de la Fotogrametría clásica

Fue formulado en los años sesenta por Bonneval para el contexto específico de la Fotogrametría Analógica Aérea Estereoscópica. El Método se basa en el concepto de haz perspectivo (*gerbe perspective*), en su formación y en su reconstrucción.

Haz perspectivo es el conjunto de semirrectas que unen la superficie de un objeto tridimensional con un centro de proyección o punto de vista. Una imagen fotográfica es una forma de registro de un haz perspectivo.

El Método General de la Fotogrametría se articula en dos pasos:

### 2.6.1 Proceso de toma fotográfica.



El haz perspectivo queda registrado en la imagen fotográfica: en este proceso, cada rayo de luz procedente del objeto (A) atraviesa la lente de la cámara (punto de vista, S) y forma una imagen (registro del haz) sobre la película o el CCD situados en el plano focal (a). Se trata de un proceso bien definido: conocida la posición de A, conocida la posición de S y conocida la geometría y orientación de la cámara se puede calcular la posición del punto imagen (a) sobre la misma.

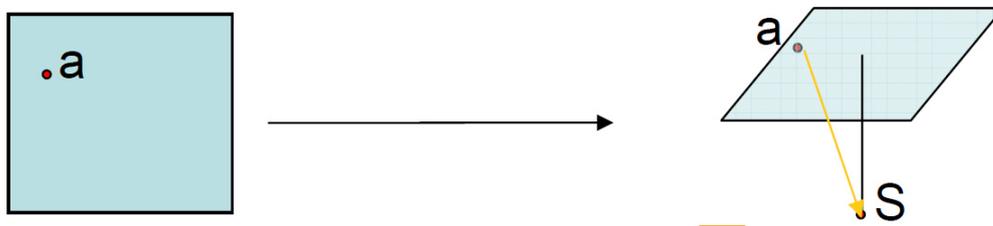
**FIG 2.04- Haz perspectivo**

Diego González Aguilera - Universidad de Salamanca

### 2.6.2 Proceso de reconstrucción de la superficie del objeto.

Dada la imagen y dado un punto identificado sobre la misma “a”, se trata de determinar el punto correspondiente sobre la superficie del objeto. Este proceso se lleva a cabo a través de los siguientes cuatro pasos: Orientación interna, orientación externa (relativa y absoluta), identificación de rayos homólogos, representación del punto objeto.

**Orientación interna.** Es la reconstrucción de la forma del haz perspectivo o lo que es lo mismo reconstrucción de la cámara con la que se obtiene la imagen. El punto imagen “a” queda referido al punto de vista “S”, es decir, se determina el vector “aS”.

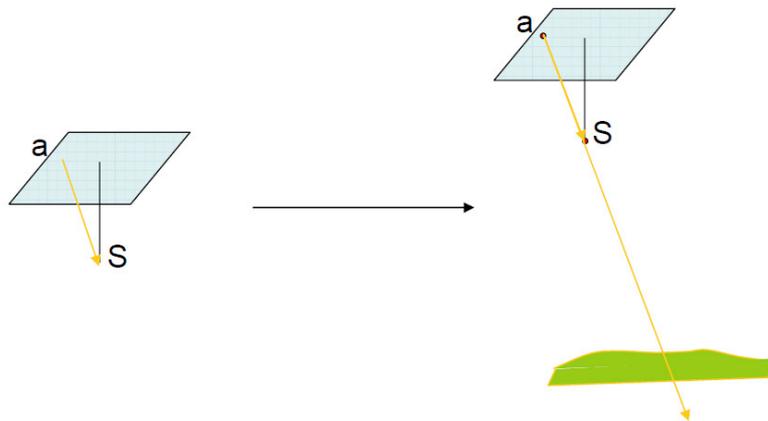


**FIG 2.05- Orientación interna**

Diego González Aguilera - Universidad de Salamanca

**Orientación externa.** Es la reconstrucción de la posición y orientación del haz perspectivo respecto del objeto. Esta reconstrucción puede hacerse en dos pasos:

- Orientación Relativa: los haces perspectivos (cuando hay más de uno) se orientan entre sí.
- Orientación Absoluta: los haces perspectivos, una vez orientados entre sí, se sitúan respecto del objeto.



**FIG 2.06- Orientación externa**

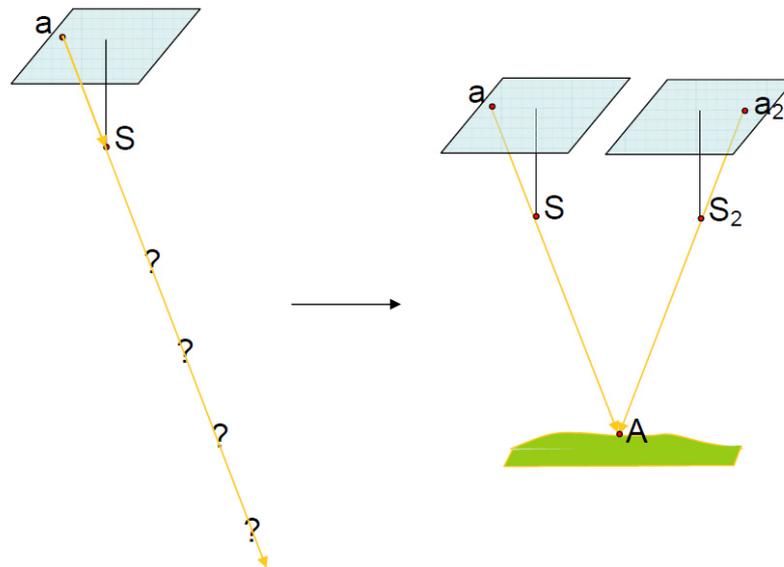
Diego González Aguilera - Universidad de Salamanca

**Identificación de rayos homólogos.** Las orientaciones internas y externas del apartado anterior abren el camino a la reconstrucción del objeto pues a partir de este instante puede situarse la cámara en el espacio tridimensional en el momento en que se tomó la imagen. De esta manera, el vector “ $Sa$ ”, que puede reconstruirse tras la orientación interna, puede situarse en el espacio en relación con el objeto. Sin embargo, esto no nos permite reconstruir el punto “ $A$ ” pues, aunque sabemos que este se encuentra sobre el vector “ $aS$ ”, no sabemos, sin embargo a qué distancia a lo largo del mismo se encuentra.

Ello nos lleva a la necesidad de emplear un segundo punto, homólogo del primero, situado sobre una segunda imagen. Si se ha llevado a efecto la orientación interna y la orientación externa de esta imagen, se verificará que el punto objeto “ $A$ ” se encuentra simultáneamente sobre los dos vectores “ $aS$ ” y “ $a_2S_2$ ”.

Tradicionalmente, la identificación de puntos homólogos se ha realizado mediante la visión estereoscópica con la ayuda de la marca flotante en un modelo libre de paralaje (orientado). De ahí, la importancia que este paso tiene en el

conjunto del Método General de la Fotogrametría.



**FIG 2.07- Identificación de rayos homólogos**

Diego González Aguilera - Universidad de Salamanca

**Representación del punto objeto.** Una vez identificado los puntos homólogos queda tan sólo proceder a la representación del punto objeto, homólogo de los dos primeros. En la época analógica, este proceso era costoso pues implicaba desarrollar sofisticados procedimientos de transmisión mecánica desde el restituidor propiamente dicho a la mesa de dibujo. En la etapa digital, se trata de un proceso trivial pues las rectas  $aS$  y  $a_2S_2$  han quedado determinadas en el paso anterior y tan sólo resta calcular la intersección de las mismas para obtener las coordenadas 3D del punto buscado.

## 2.7 Reglas 3x3

El profesor Peter Waldhäusl de la Universidad Técnica de Viena escribió una serie de reflexiones y recomendaciones para el uso de cámaras no métricas para la realización de levantamientos fotogramétricos. A continuación podemos ver los puntos más importantes:

### **Reglas geométricas**

- Tomar las fotografías desde una altura igual a la mitad de la altura del objeto, si es posible.
- Incluir parte del entorno.
- Añadir tomas diagonales que cubran dos caras del objeto.
- Añadir tomas oblicuas que cubran fotografías adyacentes.
- Incluir también el tejado, si tiene interés.

### **Reglas fotográficas**

- La geometría interna de la cámara debe mantenerse constante.
- No usar zoom! Usar la posición final, o evitar los objetivos zoom en absoluto, o fijar la posición del objetivo con cinta adhesiva.
- No usar objetivos con desplazamiento vertical.
- Elegir una iluminación homogénea.
- Buscar la mejor hora del día.
- Elegir la cámara más estable y la de mayor formato disponible.
- El gran angular es preferible al teleobjetivo para las tomas fotográficas.

### **Reglas de organización.**

- Realizar croquis de planta, toma de fotografías, indicar norte...
- Tomar nota de fecha de realización de fotografías, situación del edificio, cámara y objetivos utilizados.
- Comprobar las tomas realizadas antes de abandonar el lugar, revisar los resultados en casa.

## 2.8 Toma fotográfica

A continuación explicare algunos conceptos básicos de fotografía necesarios para comprender la elección de las configuraciones usadas en el proyecto.

### 2.8.1 Condiciones atmosféricas

Las fotografías se han realizado casi todas en días nublados. En estos días el cielo entero está actuando como una fuente de luz, ésta es suave y difusa, con sombras muy suaves. El contraste es muy bajo y la saturación del color es normalmente bastante alta. Esto es para que al realizar el levantamiento 3D del edificio, y utilizar las fotografías como texturas, no hayan sombras que marquen el edificio. De esta forma podemos crear una luz artificial en nuestro edificio virtual sin obtener una doble sombra.

Solo el día en el que visite el monasterio de las Benedictinas hice fotografías sin estar nublado. Esto se debe a que no pude elegir el día de la visita. Debido a esto, en algunas texturas del modelo final, se aprecian cambios de luminosidad y tonalidad.

### 2.8.2 Profundidad de campo



FIG 2.08- Efecto de una escasa profundidad de campo  
pablolobofoto.wordpress.com

Es la zona de la imagen que está nítida o bien enfocada. En la profundidad de campo intervienen cuatro factores: el tamaño del sensor de la cámara, la apertura, la distancia focal y la distancia de enfoque.

El tamaño del sensor cambia en cada cámara. La cámara que utilizo es fullframe, es decir, tiene un sensor de tamaño 36x24mm, **sin factor de recorte o multiplicación**.

En lo referente a la apertura, cuanto mayor sea la apertura menor será la profundidad de campo. En mi caso he utilizado una apertura en la que consi-

guiese enfocar todo el edificio. He utilizado para la toma de fotografías un **F13**.

La distancia focal (24mm, 50mm, 70mm, 105mm y 200mm) y la distancia de enfoque no han sido ningún problema puesto que siempre enfocaba a distancias suficientemente grandes para que no afectasen a la profundidad de campo.

### 2.8.3 Temperatura color

Podríamos definir temperatura de color como la dominancia de alguno de los colores del espectro lumínico sobre los demás, de modo que altera el color blanco hacia el rojo o hacia el azul en dicho espectro.

Se mide en Kelvin, según una norma que sitúa en 5.500 K la luz del día teóricamente perfecta. Para días nublados, la temperatura del color sube (se produce una dominancia del azul) hasta los 12.000 K, mientras que en el interior de una casa con iluminación artificial esa temperatura baja a unos 2.500 K, con una dominancia del rojo.

Como los días que hice las fotografías estaba nublado, corregí con la temperatura color esa tonalidad azul de las imágenes. Así que puse una temperatura de 6500 Kelvin y conseguí de esta forma unos tonos más cálidos.



FIG 2.09- Representación cromática en función de los grados Kelvin

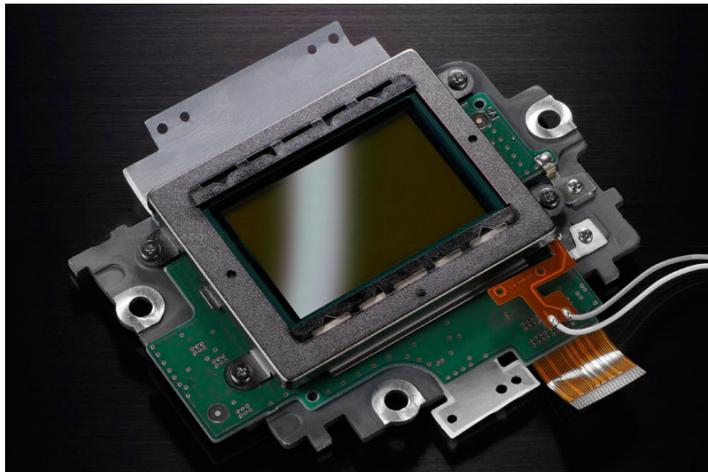
### 2.8.4 La sensibilidad ISO

La sensibilidad ISO marca la cantidad de luz que necesita nuestra cámara para hacer una fotografía. Este concepto, que viene arrastrado de la fotografía convencional, se mantiene en la fotografía digital, aunque sus fundamentos son algo diferentes. En las cámaras analógicas, las películas fotográficas

están formadas por haluros de plata, el tamaño de estos cristales es lo que marca la sensibilidad de la película y el grano que se aprecia al obtener las copias reveladas. En las cámaras digitales, el sensor o CCD es el chip encargado de la captura de la imagen. Está compuesto por una malla de miles de celdas fotosensibles en las que se recibe la imagen formada por el lente. Cada una de esas celdas genera una corriente eléctrica en presencia de la luz. Esa corriente eléctrica será luego convertida en datos numéricos que se almacenarán en forma digital binaria en la memoria de la cámara dando origen a un píxel.

Un ISO bajo (p.ej: ISO 100) hace que obtengamos una mayor calidad de imagen pero al sensor le cuesta más tiempo captar la luz. Un ISO alto (P.ej: ISO 3200) capta la luz con más rapidez, pero a cambio obtenemos una calidad de imagen más pobre.

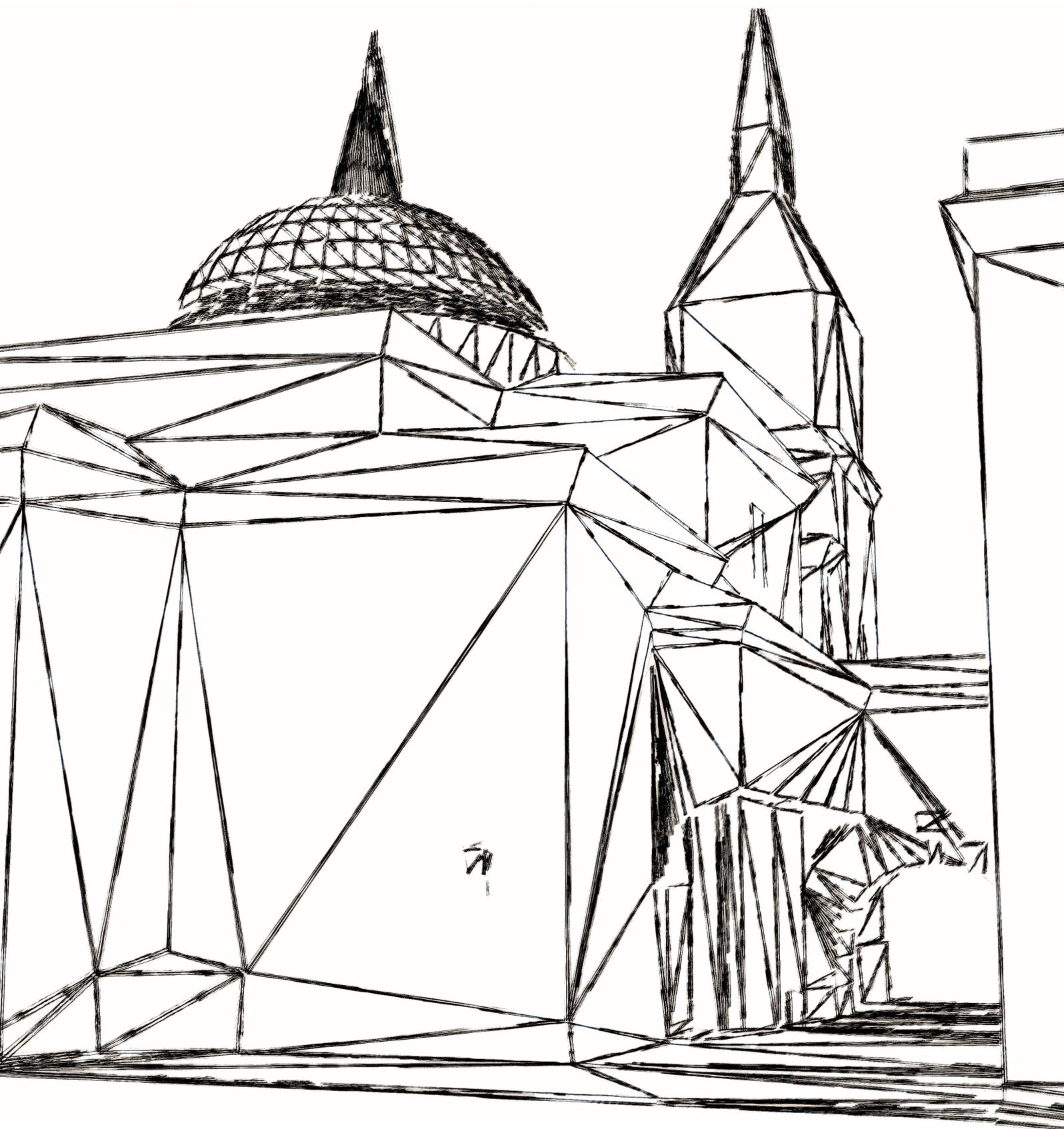
Para trabajar con más rapidez y evitar usar el trípode, usé velocidades



**FIG 2.10- Sensor CCD**  
[www.darkspade.com](http://www.darkspade.com)

de obturación rápidas (velocidad más lenta 1/160). Esto supuso usar una sensibilidad ISO de 1600. En otras cámaras digitales usar esta sensibilidad ISO supone obtener una imagen no apta para fotogrametría, pero usando la 5D Mark II sé que la imagen captada tiene muy buenas condiciones.





## 3. Programas y material utilizado

### 3.1 Photomodeler Scanner

PhotoModeler es un software para la medición y modelización en 3D de objetos y escenas a través del uso de fotografías. Desarrollado por la empresa canadiense EOS Systems Inc y creado con el SDK de LeadTools., PhotoModeler es líder mundial en su clase. PhotoModeler se basa en la ciencia de la fotogrametría, que significa “medir a partir de fotografías”. PhotoModeler trae las poderosas capacidades de fotogrametría en un simple entorno fácil de usar.



FIG 3.01- La versión utilizada es: 2012.2.1.779

### 3.2 3ds Max

Autodesk 3ds Max es software de modelado, animación, simulación y renderización en 3D. este software lo he usado para crear objetos pequeños como lámparas, cruces, etc...

La versión que utilizo en mi proyecto es: 2012.2.1.779.

### 3.3 Adobe Photoshop

Es el software de edición y retoque fotográfico más famoso del mundo.

Este programa lo he utilizado para corregir ciertas cosas en las texturas que creaba Photodeler. Como por ejemplo quitar árboles, coches, etc.

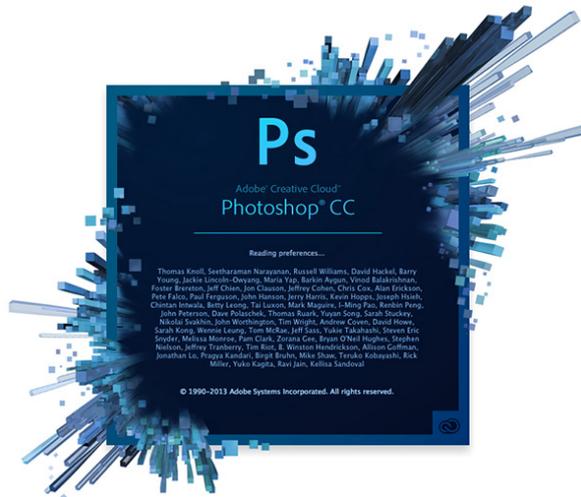


FIG 3.02- Photoshop CC

### 3.4 SketchUp

SketchUp es un programa de diseño gráfico y modelado en 3D basado en caras. Para entornos de arquitectura, ingeniería civil, diseño industrial, videojuegos... Es un programa desarrollado por Last Software, empresa adquirida por Google en 2006 y finalmente vendida a Trimble en 2012.



FIG 3.03- SketchUp Pro 2013

## 3.5 Canon EOS 5D Mark II

La Canon 5D Mark II es la que he utilizado en este proyecto. Es una cámara semiprofesional reflex.



FIG 3.04- Vista frontal y trasera de la Canon 5D MarkII

<http://www.canon.es>

Las especificaciones técnicas de la cámara son las siguientes:

### Sensor De Imágenes

Tipo	36 x 24 mm CMOS
Píxeles efectivos	Aprox. 21,1 M
Total de píxeles	Aprox. 22 MP
Relación de aspecto	3:2
Filtro de paso bajo	Incorporado/fijo
Limpieza de sensor	Sistema Integrado de Limpieza EOS con revestimiento de flúor
Tipo de filtro de color	Colores primarios

### Procesador De Imágenes

Tipo	DIGIC 4
------	---------

### Objetivo

Marco del objetivo	EF (excluidos los objetivos EF-S)
Longitud focal	Equivalente a 1,0x la longitud focal del objetivo

### Enfoque

Tipo	TTL-CT-SIR con un sensor CMOS
Sistema/puntos AF	AF de 9 puntos (más 6 puntos AF auxiliares)
Rango de funcionamiento AF	EV - 0,5 - 18 (a 20 °C e ISO 100)
Modos AF	Foto a foto

AI Servo

AI Focus

Selección de punto AF Selección automática, selección manual.

Visualización de puntos AF seleccionados Superpuesto en el visor e indicado en el monitor LCD superior y en la pantalla de control rápido

AF predictivo Sí, hasta 8 m<sup>1</sup>

Bloqueo AF Bloqueado cuando se presiona el disparador hasta la mitad en el modo AF Foto a Foto

Luz de ayuda de AF Lo emite un Speedlite específico opcional

Enfoque manual Se selecciona en el objetivo

Microajuste de AF C.Fn III-8

+/- 20 pasos

Ajustar de igual forma todos los objetivos

Ajustar hasta 20 objetivos de forma individual

### **Control De Exposición**

Modos de medición Medición TTL a plena abertura con SPC en 35 zonas

(1) Medición evaluativa (relacionada con cualquier punto AF)

(2) Medición parcial (aprox. 8% del visor en el centro)

(3) Medición puntual: (aprox. 3,5% del visor en el centro)

(4) Medición promediada con preponderancia central

Rango de medición EV 1 - 20 (a 20 °C con objetivo de 50 mm f/1.4 ISO 100)

Bloqueo AE Automático: funciona en el modo One-Shot AF con exposición de medición evaluativa bloqueada cuando se consigue el enfoque.

Manual: mediante el botón de bloqueo AE en los modos de la zona creativa.

Compensación de la exposición +/-2 EV en incrementos de 1/2 ó 1/3 de punto (se puede combinar con AEB).

AEB +/- 2 EV, en incrementos de 1/2 ó 1/3 de punto

Sensibilidad ISO\* Auto (100-3200), 100-6400 (en incrementos de 1/3 de paso o de 1 paso)

La sensibilidad ISO puede ampliarse hasta H1: 12800 y H2: 25600

### **Obturador**

Tipo Obturador plano focal controlado electrónicamente

Velocidad 30 - 1/8000 seg. (incrementos de 1/3 de punto), Bulb (rango de velocidad del obturador total. La gama disponible varía dependiendo del modo de disparo)

### **Balance De Blancos**

Tipo	Balance de blancos automático con el sensor de imagen
Configuración	Automático, luz de día, sombra, nublado, tungsteno, luz blanca fluorescente, flash, personalizado, ajuste de temperatura de color.
Compensación de balance de blancos:	
1. Azul/ámbar +/-9	
2. Magenta/verde +/-9.	
Balance de blancos personalizado	Sí, se puede registrar 1 configuración
Intervalo del balance de blancos	+/-3 puntos en incrementos de un punto
3 imágenes de muestreo sucesivas por cada disparo del obturador.	
Se puede seleccionar dominante azul/ámbar o magenta/verde.	

### Visor

Tipo	Pentaprisma
Cobertura (vertical/horizontal)	Aprox. 98%
Ampliación	Aprox. 0,71x <sup>1</sup>
Área ocular	Aprox. 21 mm (desde el centro de la lente del ocular)
Corrección dióptrica	-3 a +1 (1/m) (dioptrías)
Pantalla de enfoque	Intercambiable (3 tipos, opcional). Pantalla de enfoque estándar esmerilada de precisión Eg-A
Espejo	Medio espejo de retorno rápido (transmisión: relación de reflexión de 40:60, sin bloqueo del espejo con EF de 600 mm f/4 o más cortos)
Información del visor	Información de AF: puntos AF, luz de confirmación de enfoque.
Información de exposición: velocidad de obturación, valor de abertura, velocidad ISO (siempre a la vista), bloqueo AE, nivel de exposición/compensación, círculo de medición puntual, aviso de la exposición, AEB.	
Información del flash: flash preparado, sincronización de alta velocidad, bloqueo FE, compensación de la exposición del flash.	
Información de imagen: corrección de balance de blancos, información de tarjeta CF, captura monocromo, ráfaga máxima (pantalla de 2 dígitos), prioridad tonal a las altas luces (D+).	
Vista preliminar de profundidad de campo	Sí, con el botón de previsualización de la profundidad de campo.
Obturador ocular	con correa

### Monitor Lcd

Tipo	TFT Clear View de 3,0", aprox. 920.000 píxeles
------	--

Cobertura Aprox. 100%  
 Ángulo de visión (horizontal/vertical) Aprox. 170°  
 Recubrimiento Dual Antirreflectante  
 Ajuste de brillo Automático de 3 niveles + ajuste manual de uno a siete niveles  
 Opciones de pantalla (1) Pantalla de Control Rápido  
 (2) Configuración de la cámara

### Flash

Modos Flash automático E-TTL  
 Sincronización X 1/200 s  
 Compensación de la exposición del flash +/-2 EV en incrementos de 1/3 de punto  
 Intervalo de exposición del flash Sí, con flash externo compatible  
 Bloqueo de exposición del flash Sí  
 Sincronización de segunda cortina Sí  
 HotShoe/Terminal del equipo Sí / Sí  
 Compatibilidad de flash externo E-TTL II con flashes Speedlites de la serie EX, posibilidad de disparo de flashes múltiples sin cables.  
 Control de flash externo mediante pantalla del menú de la cámara

### Captura

Modos Automático (imágenes fijas y vídeos), Creative Auto, AE programada, AE con prioridad al obturador, AE con prioridad a la abertura, manual (imágenes fijas y vídeo), personalizados (x3)  
 Estilos de imágenes Estándar, retrato, paisaje, neutro, fiel, monocromo, definido por el usuario (x3)  
 Espacio de color sRGB y Adobe RGB  
 Procesamiento de imágenes Prioridad tonal a las altas luces  
 Optimizador Automático de la Iluminación (4 ajustes)  
 Reducción de ruido en exposición larga  
 Reducción de ruido en velocidad ISO alta (4 ajustes)  
 Corrección Automática de la Iluminación Periférica del objetivo  
 Modos de unidad Sencillo, Continuo, Autodisparador / mando a distancia (10 s), Auto-disparador / mando a distancia (2s)  
 Disparos en serie Máx. Aprox. 3,9 fps. (la velocidad se mantiene hasta para 78 imágenes (JPEG)<sup>13</sup> (310 con tarjeta UDMA), 13 imágenes (RAW))<sup>23</sup>

**Modo De Visualización En Directo**

Tipo	Visor electrónico con sensor de imágenes
Cobertura	Aprox. 100% (horizontal y vertical)
Velocidad de imágenes	30 fps
Enfoque	Enfoque manual (amplía la imagen 5x o 10x en cualquier punto de la pantalla)
Autoenfoque:	Modo rápido, Modo de imágenes en directo, Modo de Detección de la cara en directo
Medición	Medición evaluativa en tiempo real con sensor de imágenes
	El tiempo de medición activo se puede cambiar
Opciones de pantalla	Superposición de cuadrícula (x2), Histograma, datos, sin datos

**Tipo De Archivo**

Tipo de imagen fija	JPEG: fina, normal (compatible con Exif 2.21 [Exif Print]) / Regla de diseño para Camera File system (2.0), RAW: RAW, sRAW1, sRAW1 (14 bits, Canon RAW original, 2ª edición), DPOF (Formato de orden de impresión digital) compatible con la versión 1.1 Grabación simultánea de RAW+JPEG Sí, es posible cualquier combinación de RAW + JPEG.
Tamaño de imagen	JPEG: (L) 5616 x 3744, (M) 4080 x 2720, (S) 2784 x 1856 RAW: (RAW) 5616 x 3744, (sRAW 1) 3861 x 2574, (sRAW 2) 2784 x 1856
Tipo de película	MOV (Vídeo: H.264, sonido: PCM lineal)
Tamaño de película	HD 1920 x 1080 (16:9), SD 640 x 480 (4:3) -30 fps
Duración de película	Duración máxima 29 min 59 seg, tamaño máximo de archivo 4 GB
Carpetas	Se pueden crear y seleccionar nuevas carpetas manualmente
Numeración de archivos	(1) Numeración consecutiva (2) Reajuste automático (3) Reajuste manual

**Otras Funciones**

Funciones personalizadas	25 funciones personalizadas con 71 configuraciones
Etiqueta de metadatos	Información de copyright para el usuario (mediante EOS utility)
Panel LCD/Iluminación	Sí / Sí
Protección contra el agua/polvo	Sí <sup>1</sup>
Sensor de orientación inteligente	Sí
Zoom de reproducción	1,5x - 10x

Formatos de visualización (1) Una foto con información (2 niveles)

(2) Una foto

(3) Índice de 4 imágenes

(4) Índice de 9 imágenes

(5) Visión ampliada

(6) Salto en pantalla

Presentación de diapositivas Selección de imágenes: todas las imágenes, por fecha, por carpeta, vídeos o imágenes.

Tiempo de reproducción: 1/2/3/5 segundos

Repetición: activada/desactivada

Histograma Luminosidad: sí

RGB: sí

Aviso de resaltado Sí

Borrado/Protección de imágenes Borrado: una imagen, todas las imágenes de la carpeta, imágenes seleccionadas, imágenes no protegidas

Protección: protección de borrado imagen a imagen

Comprobación de datos Se pueden añadir a la imagen los datos de verificación de la imagen original (se requiere el OSK-E3 para la verificación)

Categorías del menú (1) Menú de captura (x2)

(2) Menú de reproducción (x2)

(3) Menú de configuración (x3)

(4) Menú de funciones personalizables

(5) Mi Menú (My Menu)

Idiomas del menú 25 idiomas

Inglés, alemán, francés, holandés, danés, portugués, finlandés, italiano, noruego, sueco, español, griego, ruso, polaco, checo, húngaro, rumano, ucraniano, turco, árabe, tailandés, chino simplificado, chino tradicional, coreano y japonés

Actualización de firmware Posibilidad de actualización por parte del usuario.

### **Interfaz**

Equipo USB 2.0 de alta velocidad (Mini-B)

Otros Mini salida HDMI, salida de vídeo (PAL/ NTSC), entrada de micrófono, terminal de sistema de extensiones (para WFT-E4)

### **Impresión Directa**

Impresoras Canon Impresoras Canon Compact Photo y PIXMA compatibles con Pict-

**Bridge**

PictBridge Sí

**Almacenamiento**

Tipo CompactFlash tipo I/ II (compatible con Microdrive y UDMA), dispositivo externo de almacenamiento con WFT-E4

**Sistema Operativo Compatible**

PC y Macintosh XP (SP2/SP3) / Vista incluido SP1 (salvo Starter Edition)  
OS X v10.4-10.5

**Software**

Exploración e impresión ZoomBrowser EX / ImageBrowser

Procesamiento de imágenes Digital Photo Professional

Otros PhotoStitch, EOS Utility (incluye Remote Capture, la utilidad WFT\*), Picture Style Editor

\*Requiere un accesorio opcional

**Fuente De Alimentación**

Baterías Batería de ión-litio recargable LP-E6 (suministrada), 1 batería CR1616 para fecha y ajustes

Duración de la batería Aprox. 850 (a 20 °C) <sup>1</sup>

Aprox. 750 (a 0°C)

Indicador de batería 6 niveles + porcentaje

Ahorro de energía La corriente se desconecta después de 1, 2, 4, 8, 15 o 30 minutos.

Fuente de alimentación y cargadores de pila Kit adaptador de CA ACK-E6, cargador de baterías LC-E6E/LC-E6, cargador de baterías para coches CBC-E6, cable de batería para coche CB-570

**Especificaciones Físicas**

Materiales del cuerpo Aleación de magnesio

Entorno de funcionamiento 0 – 40 °C, humedad relativa del 85% o inferior

Dimensiones (An x Al x F) 152 x 113,5 x 75 mm

Peso (sólo el cuerpo) Aprox. 810 g

## 3.6 Objetivos

He utilizado tres objetivos distintos para la realización del proyecto.

### 3.6.1 Canon EF 50mm f/1.8 II

Es un objetivo estándar, compacto y ligero. Una maravilla por su relación calidad/precio.



**FIG 3.05- Objetivo Canon EF 50mm**

<http://www.canon.es>

Las especificaciones técnicas del objetivo son las siguientes:

Ángulo de visión (horizontal, vertical, diagonal)	40°, 27°, 46°
Construcción del objetivo (elementos/grupos)	6/5
Nº de hojas del diafragma	5
Abertura mínima	22
Distancia mínima de enfoque (m)	0.45
Aumento máximo (x)	0.15
Motor para el AF	Micro motor
Diámetro del filtro (mm)	52
Máx. diámetro x longitud (mm)	68,2 x 41
Peso (gr)	130

### 3.6.2 Canon EF 70-200mm f/4L USM

Teleobjetivo con zoom compacto y ligero que ofrece un rendimiento profesional y manejo sencillo.



**FIG 3.06- Objetivo Canon EF 70-200mm**

<http://www.canon.es>

Las especificaciones técnicas del objetivo son las siguientes:

Ángulo de visión (horizontal, vertical, diagonal)	29° - 10°, 19°30' - 7°, 34° -12°
Construcción del objetivo (elementos/grupos)	16/13
Nº de hojas del diafragma	8
Abertura mínima	32
Distancia mínima de enfoque (m)	1.2
Aumento máximo (x)	0,21 (a 200 mm)
Motor para el AF	USM <sup>1</sup>
Diámetro del filtro (mm)	67
Máx. diámetro x longitud (mm)	76 x 172
Peso (gr)	705

### 3.6.3 Canon EF 24-105mm f/4L IS USM

El objetivo zoom estándar y ligero de los profesionales.



**FIG 3.07- Objetivo Canon EF 24-105mm**

<http://www.canon.es>

Las especificaciones técnicas del objetivo son las siguientes:

Ángulo de visión (horizontal, vertical, diagonal)	74° - 19° 20', 53° - 13°, 84° - 23° 20'
Construcción del objetivo (elementos/grupos)	18/13
Nº de hojas del diafragma	8
Abertura mínima	22
Image stabilizer	3 niveles
Distancia mínima de enfoque (m)	0.45
Aumento máximo (x)	0,23 (a 105 mm)
Motor para el AF	USM <sup>1</sup> de anillo
Diámetro del filtro (mm)	77
Máx. diámetro x longitud (mm)	83,5 x 107
Peso (gr)	670

### 3.7 Características de las imágenes

Las fotografías tienen las siguientes características:

<b>Tamaño</b>	<b>7.5 megabytes aprox.</b>
<b>Dimensiones</b>	<b>5616x3744 pixeles</b>
<b>Resolución</b>	<b>72ppp</b>
<b>Profundidad en bits</b>	<b>24</b>
<b>Representación de color</b>	<b>Adobe RGB</b>
<b>Formato</b>	<b>JPEG</b>

Elegí tomar las fotos en la máxima dimensión posible para tener la máxima precisión en el marcado de puntos homólogos en Photomodeler, y también para obtener la máxima calidad posible en las texturas del modelo. Por contra, este hecho supuso manejar archivos de mucho peso, y mayor lentitud en el procesado de las texturas en Photomodeler.

El espacio color podía elegir entre sRGB y Adobe RGB. Se seleccionó este último puesto que es un estándar más generalizado, contiene un mayor espectro cromático y es el que menos problemas da a la hora de imprimir.



## 4. Trabajo desarrollado

El presente Proyecto Fin de Carrera (PFC) se divide en las siguientes fases:

**1) Proceso de calibración de la cámara. Orientación interna.**

**2) Tomas fotográficas del edificio y toma de datos de datos sobre el terreno, con los cuales trabajaremos para obtener el levantamiento fotogramétrico y la modelización tridimensional. Podemos dividirlo en dos etapas, las cuales pueden entrelazarse:**

Tomas fotográficas del edificio.

Tomas de datos de medidas lineales.

**3) Procesado de las fotografías mediante software de fotogrametría.**

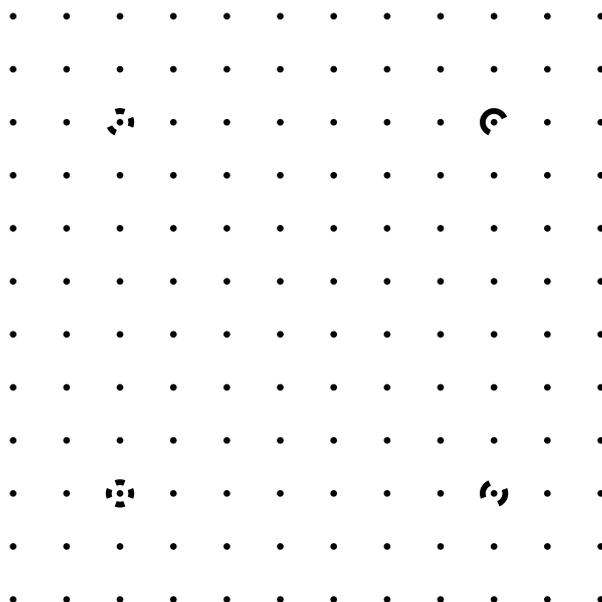
Modelado tridimensional del edificio

Orientación relativa.

Orientación absoluta.

## 4.1 Orientación interna

La calibración de la cámara la realizaremos mediante el programa Photomodeler, pero antes de hacer uso del mismo, necesitamos llevar a cabo distintas tomas fotográficas de la retícula de calibración. La retícula de calibración puede descargarse desde la página oficial de Photomodeler ([www.photomodeler.com](http://www.photomodeler.com)).



**FIG 4.01- Retícula de calibración**  
 Archivo de Photomodeler

Para poder realizar la calibración imprimí el modelo de retícula en un tamaño de **38x38cm**.

Para la calibración de una lente se deben realizar tres fotografías sobre cada lado de la retícula. Realizando, en cada lado, una toma horizontal, una vertical con un giro de 90° y una última toma con un giro de -90°. Así que en total se realizan 12 fotografías para calibrar una lente.

Este proceso lo seguí para calibrar la cámara con el objetivo de 50mm. Con el objetivo 70-200mm lo realicé en sus dos posiciones extremas (12 fotografías con la distancia focal de 70mm y 12 tomas con la distancia focal de 200mm). Con el 24-105mm también realicé las tomas en sus dos posiciones extremas. De esta forma podría realizar fotografías al edificio con tres objetivos diferentes y con cinco distancias focales diferentes.

### 4.1.1 Calibración del objetivo Canon EF 50mm

A continuación muestro las fotografías tomadas para la calibración del objetivo 50mm.

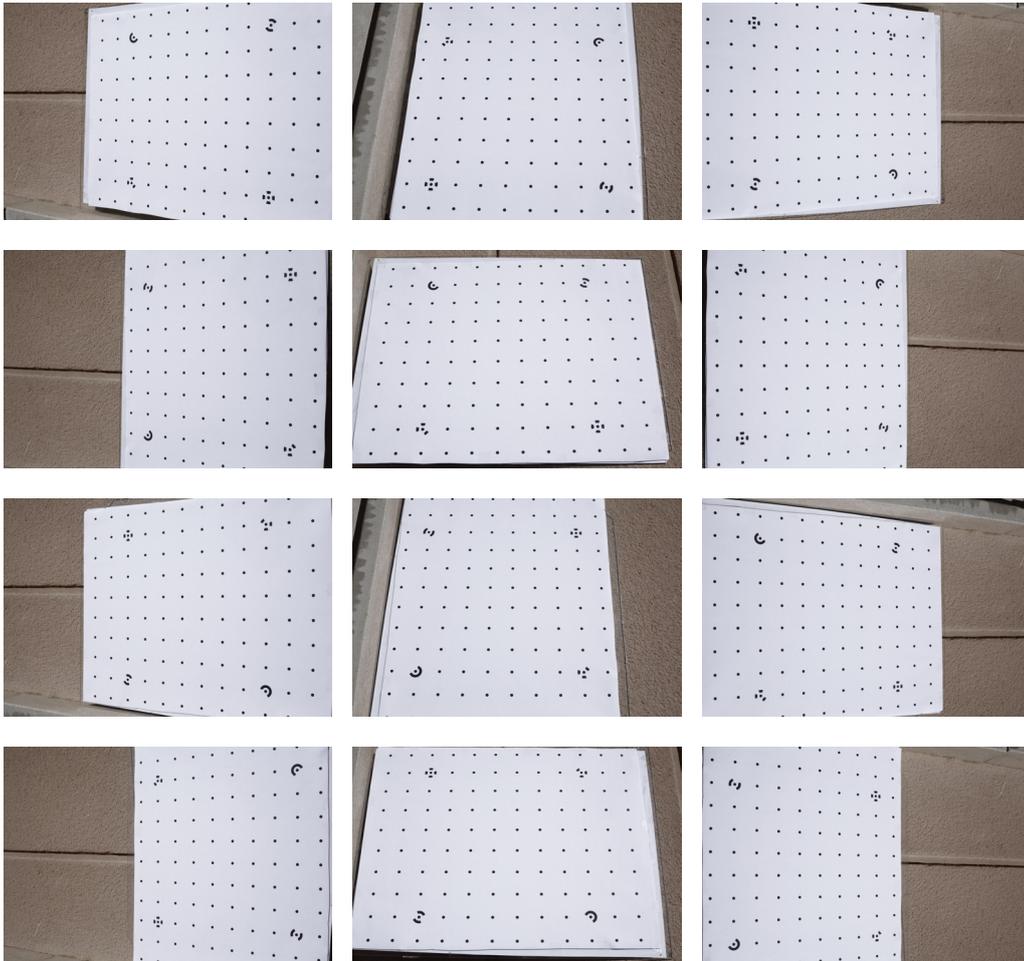


FIG 4.02- Fotos usadas en la calibración del 50mm

Y los resultados de la calibración hecha por Photomodeler:

	Photographs
Total Number	12
Bad Photos	0
Weak Photos	0
OK Photos	12
Number Oriented	12

Number with inverse camera flags set	0	
<b>Cameras</b>		
Camera1	Canon EOS 5D Mark II [50.00]	
Calibration	yes	
Number of photos using camera	12	
Average Photo Point Coverage	94%	
<b>Photo Coverage</b>		
Number of referenced points outside of the Camera's calibrated coverage	0	
<b>Point Marking Residuals</b>		
Overall RMS	0.190 pixels	
Maximum	0.648 pixels	320 on Photo 3
Minimum	0.151 pixels	118 on Photo 12
Maximum RMS	0.377 pixels	Point 524
Minimum RMS	0.093 pixels	Point 118
<b>Point Tightness</b>		
Maximum	0.00032 m	Point 158
Minimum	8.9e-005 m	Point 118
<b>Point Precisions</b>		
Overall RMS Vector Length	4.85e-005 m	
Maximum Vector Length	8.47e-005 m	Point 15
Minimum Vector Length	4.32e-005 m	Point 166
Maximum X	3.8e-005 m	
Maximum Y	3.54e-005 m	
Maximum Z	6.99e-005 m	
Minimum X	1.7e-005 m	
Minimum Y	1.69e-005 m	
Minimum Z	3.56e-005 m	

### 4.1.2 Calibración del objetivo Canon EF 70-200mm en la distancia focal de 70mm

A continuación muestro las fotografías tomadas para la calibración del objetivo en la distancia focal de 70mm.

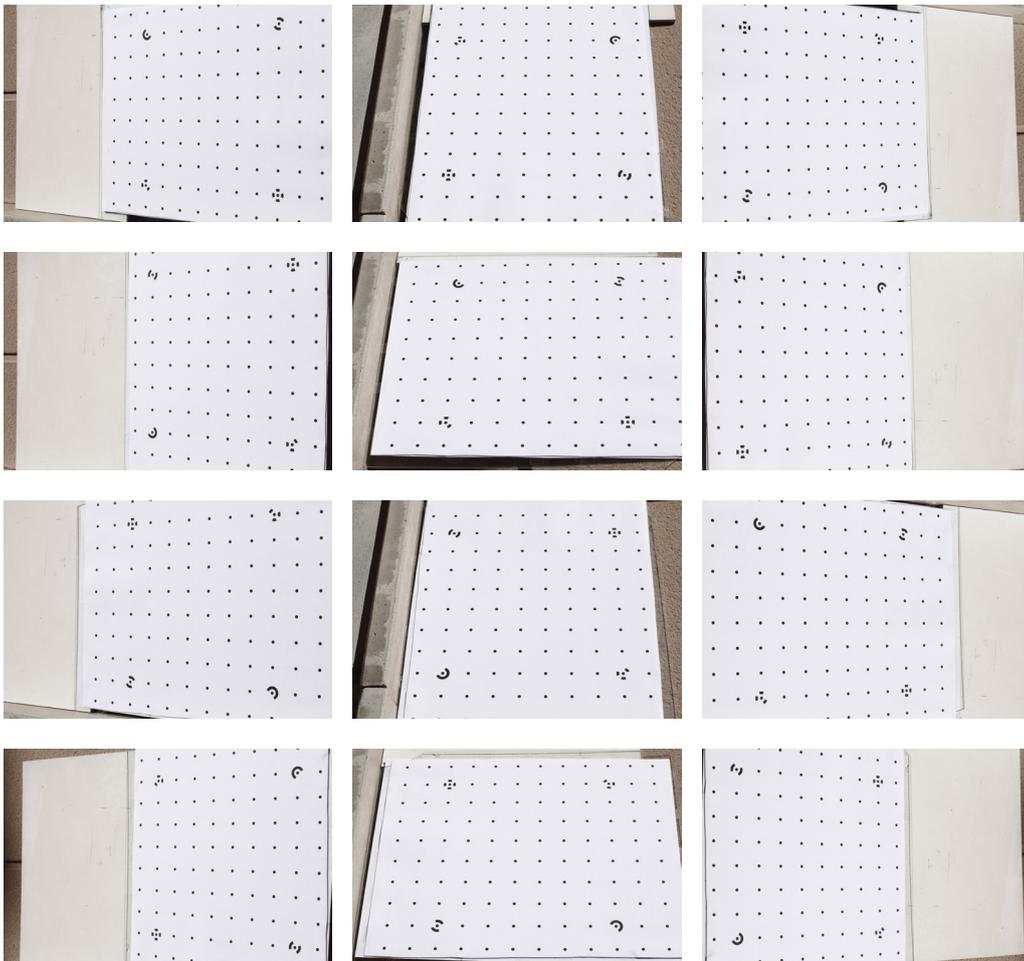


FIG 4.03- Fotos usadas en la calibración de la focal 70mm

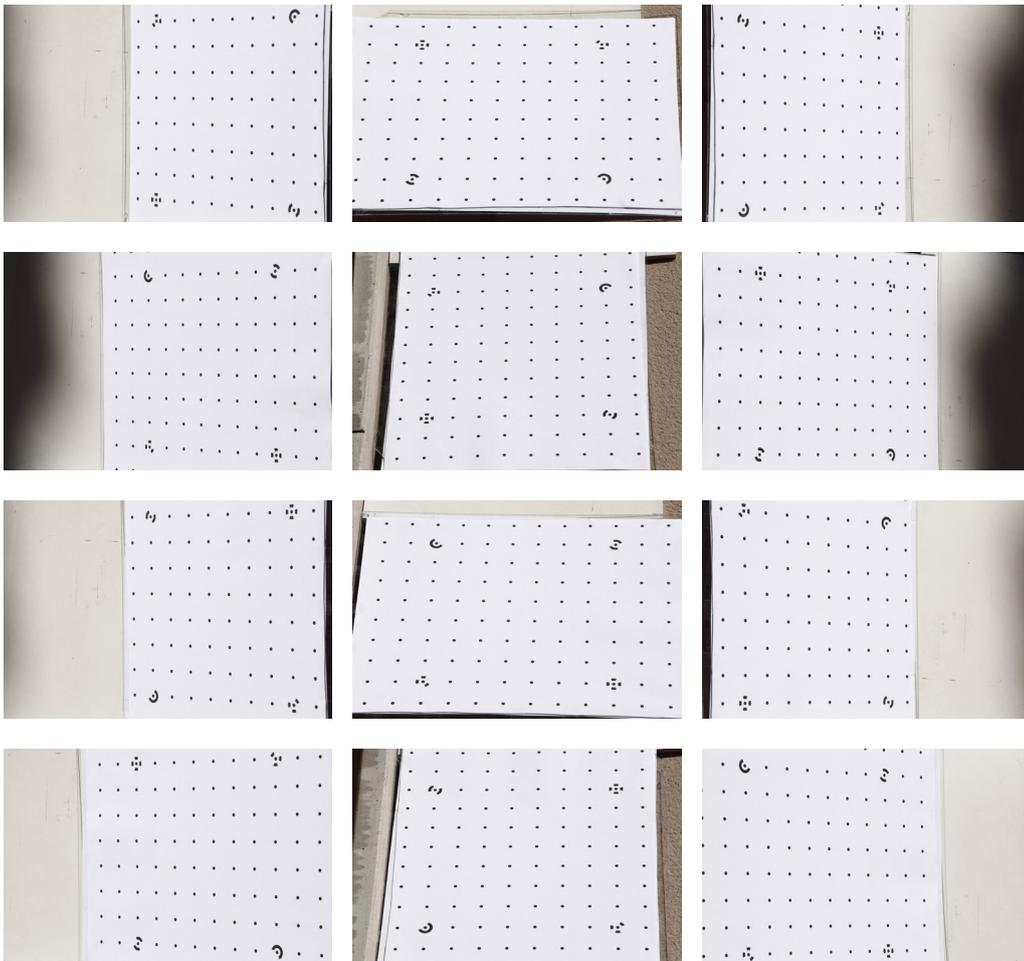
Y los resultados de la calibración hecha por Photomodeler:

	Photographs
Total Number	12
Bad Photos	0
Weak Photos	0
OK Photos	12

Number Oriented	12	
Number with inverse camera flags set	0	
<b>Cameras</b>		
Camera1	Canon EOS 5D Mark II [70.00]	
Calibration	yes	
Number of photos using camera	12	
Average Photo Point Coverage	94%	
<b>Photo Coverage</b>		
Number of referenced points outside of the Camera's calibrated coverage	0	
<b>Point Marking Residuals</b>		
Overall RMS	0.277 pixels	
Maximum	0.800 pixels	133 on Photo 1
Minimum	0.227 pixels	19 on Photo 4
Maximum RMS	0616 pixels Point 11	
Minimum RMS	0.134 pixels Point 35	
<b>Point Tightness</b>		
Maximum	0.00052 m Point 123	
Minimum	0.00013 m Point 35	
<b>Point Precisions</b>		
Overall RMS Vector Length	6.55e-005 m	
Maximum Vector Length	0.000132 m	Point 97
Minimum Vector Length	5.27e-005 m	Point 77
Maximum X	7.48e-005 m	
Maximum Y	6.9e-005 m	
Maximum Z	0.000102 m	
Minimum X	2.39e-005 m	
Minimum Y	2.39e-005 m	
Minimum Z	4.04e-005 m	

### 4.1.3 Calibración del objetivo Canon EF 70-200mm en la distancia focal de 200mm

A continuación muestro las fotografías tomadas para la calibración del objetivo en la distancia focal de 200mm.



**FIG 4.04- Fotos usadas en la calibración de la focal 200mm**

Y los resultados de la calibración hecha por Photomodeler:

	Photographs
Total Number	12
Bad Photos	6
Weak Photos	0
OK Photos	6

Number Oriented	12	
Number with inverse camera flags set	0	
<b>Cameras</b>		
Camera1	Canon EOS 5D Mark II [200.00]	
Calibration	yes	
Number of photos using camera	12	
Average Photo Point Coverage	91%	
<b>Photo Coverage</b>		
Number of referenced points outside of the Camera's calibrated coverage	0	
<b>Point Marking Residuals</b>		
Overall RMS	0.920 pixels	
Maximum	2.930 pixels	41 on Photo 9
Minimum	0.048 pixels	130 on Photo 6
Maximum RMS	1.891 pixels	Point 186
Minimum RMS	0.035 pixels	Point 130
<b>Point Tightness</b>		
Maximum	0.0016 m	Point 8
Minimum	2.3e-005 m	Point 130
<b>Point Precisions</b>		
Overall RMS Vector Length	0.001 m	
Maximum Vector Length	0.00663 m	Point 97
Minimum Vector Length	0.000245 m	Point 35
Maximum X	0.00448 m	
Maximum Y	0.00089 m	
Maximum Z	0.0048 m	
Minimum X	0.000138 m	
Minimum Y	0.000131 m	
Minimum Z	0.000149 m	

#### 4.1.4 Calibración del objetivo Canon EF 24-105mm en la distancia focal de 24mm

A continuación muestro las fotografías tomadas para la calibración del objetivo en la distancia focal de 24mm.

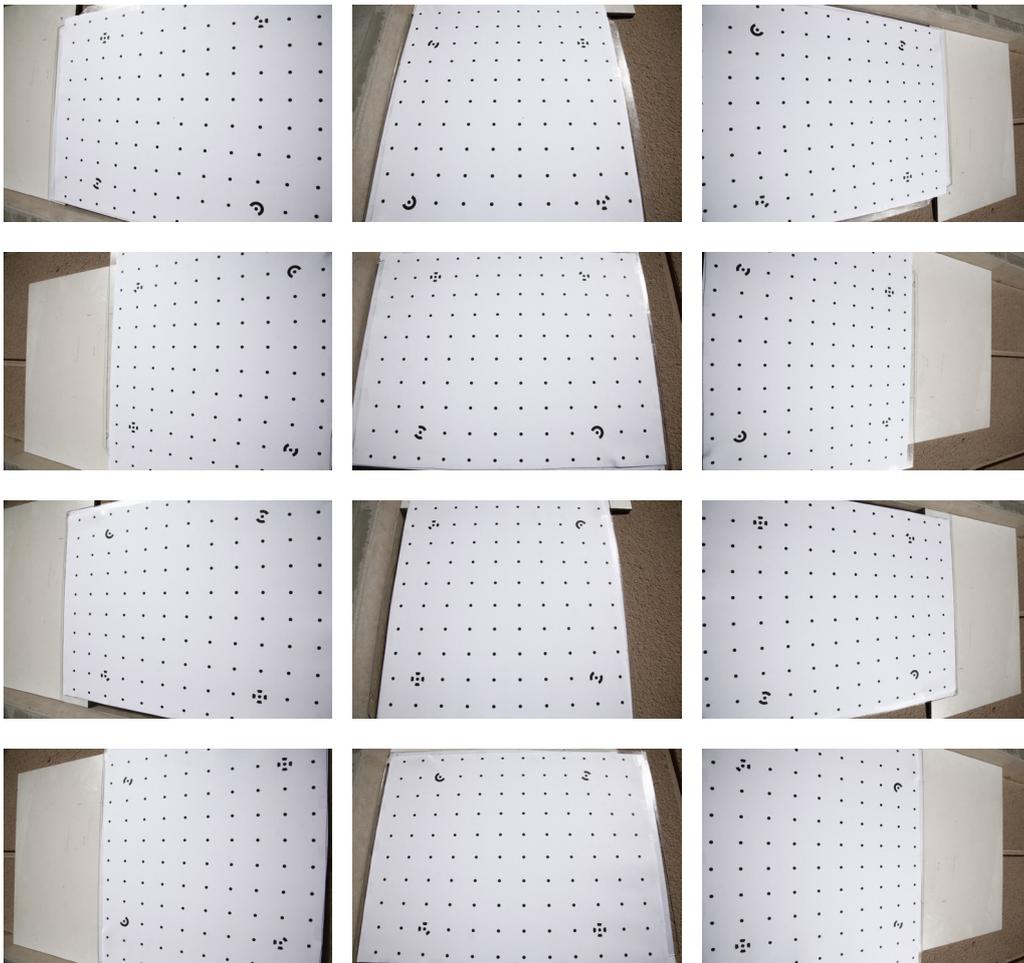


FIG 4.05- Fotos usadas en la calibración de la focal 24mm

Y los resultados de la calibración hecha por Photomodeler:

	Photographs
Total Number	12
Bad Photos	5
Weak Photos	0
OK Photos	7

Number Oriented	12	
Number with inverse camera flags set	0	
<b>Cameras</b>		
Camera1	Canon EOS 5D Mark II [24.00]	
Calibration	yes	
Number of photos using camera	12	
Average Photo Point Coverage	95%	
<b>Photo Coverage</b>		
Number of referenced points outside of the Camera's calibrated coverage	0	
<b>Point Marking Residuals</b>		
Overall RMS	0.531 pixels	
Maximum	1.433 pixels	65 on Photo 7
Minimum	0.073 pixels	52 on Photo 3
Maximum RMS	1.021 pixels	
Minimum RMS	0.068 pixels	
		Point 5
		Point 52
<b>Point Tightness</b>		
Maximum	0.00091 m	
Minimum	6e-005 m	
		Point 65
		Point 52
<b>Point Precisions</b>		
Overall RMS Vector Length	0.000487 m	
Maximum Vector Length	0.00374 m	Point 52
Minimum Vector Length	0.000236 m	Point 44
Maximum X	0.00262 m	
Maximum Y	0.000373 m	
Maximum Z	0.00266 m	
Minimum X	7.08e-005 m	
Minimum Y	6.46e-005 m	
Minimum Z	0.000212 m	

### 4.1.5 Calibración del objetivo Canon EF 24-105mm en la distancia focal de 105mm

A continuación muestro las fotografías tomadas para la calibración del objetivo en la distancia focal de 105mm.

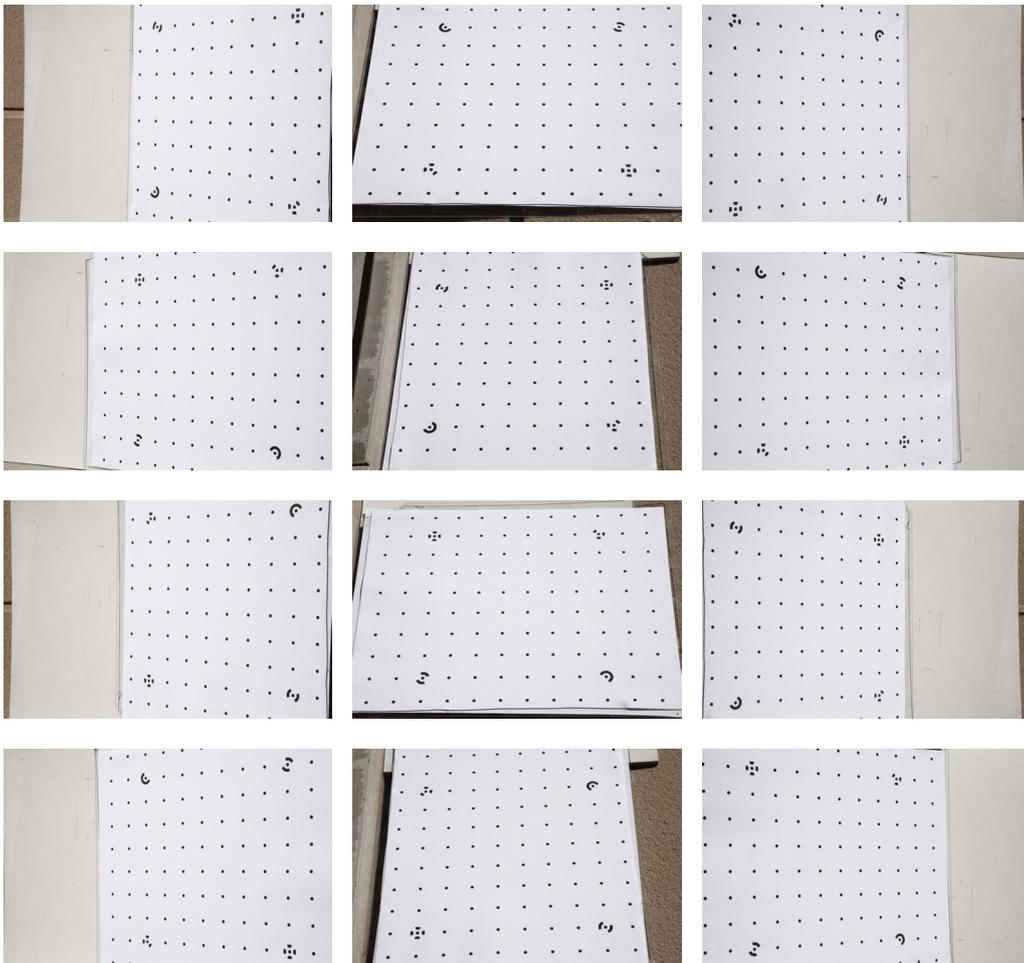


FIG 4.06- Fotos usadas en la calibración de la focal 105mm

## 4.2 Trabajo de campo

La idea con la que acudí a realizar las fotos era la de tomar tres fotografías por fachada, dos con una inclinación aproximada de 45° y una frontal. Tengo que decir que la realidad fue muy diferente.

Las tomas fotográficas fueron de gran dificultad desde el punto de vista fotogramétrico debido a la presencia de árboles cercanos al edificio, el pasillo estrecho que separa la iglesia del monasterio de las Benedictinas, cortes de terreno, la propia arquitectura del edificio, y ,sobre todo, la cubierta.

A continuación relataré las dificultades que nos presentaba cada una de las fachadas:

### Fachada Noroeste

En la fachada noroeste está la puerta principal de la iglesia y la parte trasera del monasterio. La zona del monasterio fue sencilla puesto que estaba despejada y la distancia que teníamos para realizar las fotografías era suficiente. Sin embargo, fue más difícil la fachada de la iglesia debido a la poca distancia que tenía por un corte del terreno, y por no poder realizar una toma desde la derecha de la fachada ya que un árbol nos la tapaba completamente. Quise tomar más fotos de la fachada utilizando teleobjetivos, así que también realicé tomas a 630 metros de la fachada, desde el antiguo Seminario de verano, situado a unos 250 metros, y desde el mirador que hay junto a la casa del cabildo.



FIG 4.07- Fachada Noroeste

### Fachada Suroeste

Este es el lateral de la iglesia. Fue la que menos problemas tuve para realizar la tomas. Lo único que me limitaba era la distancia disponible, solo me limitó el no poder sacar por completo las torres de la iglesia en una única foto.



FIG 4.08- Fachada Suroeste

### Fachada Sureste

La parte trasera de la iglesia tiene un árbol muy cerca, aún así pude realizar las fotografías que necesitaba de la fachada. La puerta principal del monasterio de las benedictinas tiene una explanada que se utiliza de aparcamiento y que facilitó mucho las tomas.



FIG 4.09- Fachada Sureste

### Fachada Noreste

Es el lateral del monasterio. El mayor problema se debió al desnivel del suelo y la cercanía de la cuesta que sube a la casa del cabildo.



FIG 4.10- Fachada Noreste

### Pasillo

Es la separación de unos 6 metros que hay entre la iglesia y el monasterio. Están unidos por un arco que parte al pasillo aproximadamente por la mitad. El poco espacio disponible y la disposición de los elementos arquitectónicos hacen muy difícil obtener unas buenas fotografías para el trabajo posterior con Photomodeler. Aquí realicé numerosas tomas para conseguir relacionar todos los puntos.



FIG 4.11- Pasillo

## Cubierta

Todos los problemas se juntan al realizar estas fotografías. Para obtener estas tomas me subí al monte situado al sur, fui al antiguo Seminario de verano cuyo acceso estaba prohibido y conseguí que las monjas benedictinas me dejaran subir a la cubierta del monasterio. Tras realizar muchas fotografías desde todos los ángulos que me fueron posibles, conseguí cubrir el 90% de la cubierta.



FIG 4.12- Cubierta

### 4.2.1 Datos de la toma de fotografías

- Para realizar el proyecto hice **353** fotografías.
- Estas fotografías ocuparon **2700** megabytes.
- Utilicé **tres objetivos**.
- Usé **cinco distancias focales** diferentes.
- Realicé las tomas en tres días distintos.

## 4.2.2 Posición de las cámaras

A continuación se puede ver la situación de la cámara en las 92 fotografías que se utilizaron finalmente en el proyecto.

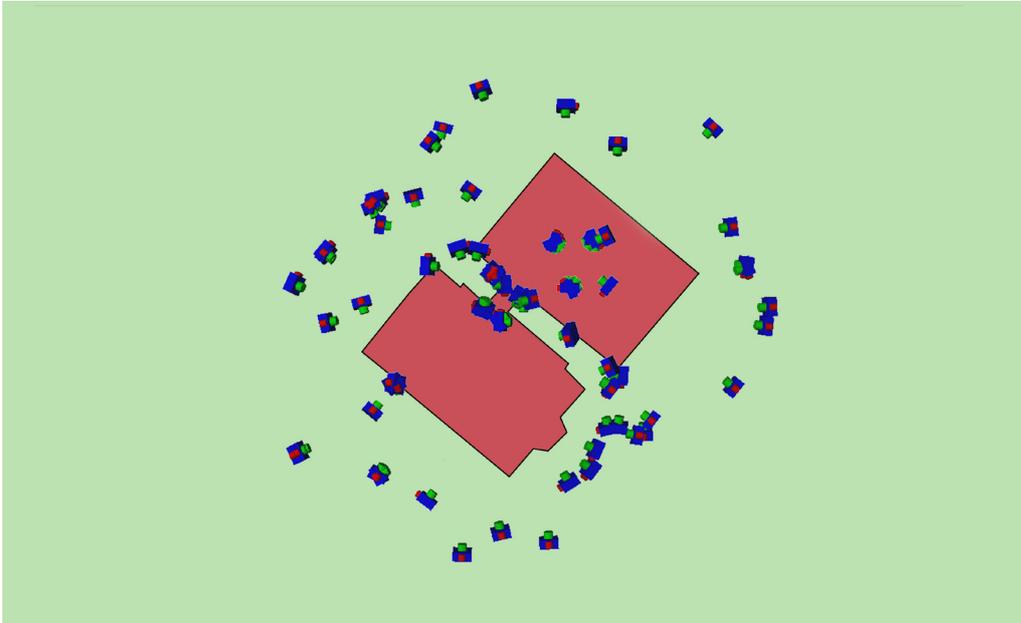


FIG 4.13- Situación de la cámara en las tomas más cercanas

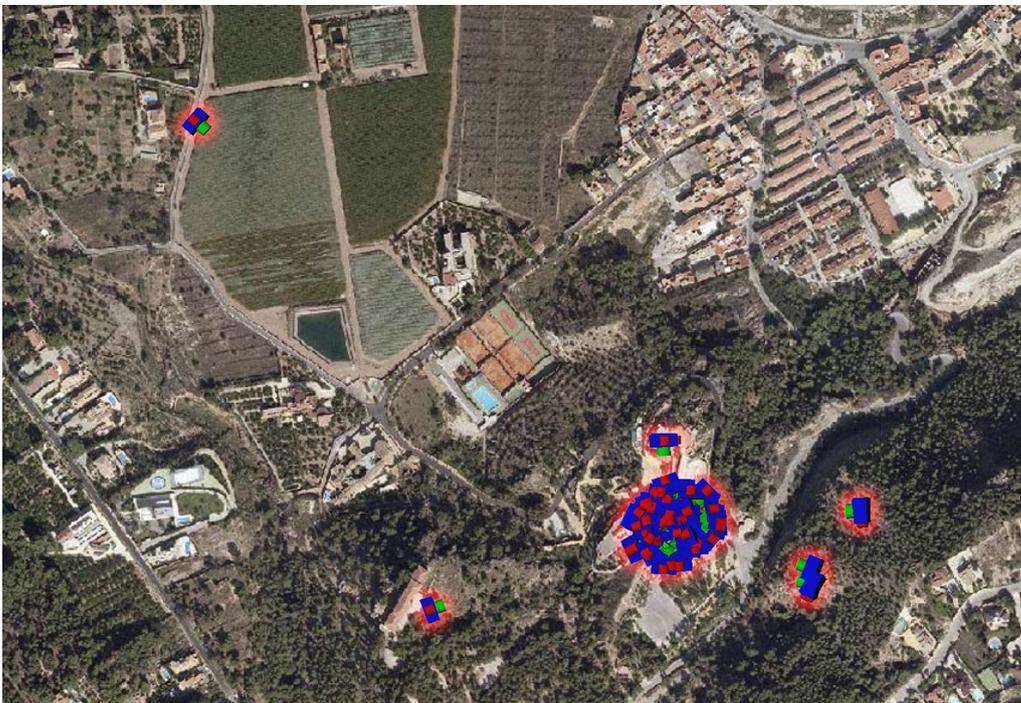


FIG 4.14 - Situación de las cámaras en las tomas distantes

## 4.3 Toma de datos de distancias lineales

Con cinta métrica realicé una serie de medidas alrededor del edificio para comprobar posteriormente la precisión del proyecto. Tomé la medida de la fachada noreste y varias otras de aproximadamente 5 metros en distintas zonas de ambos edificios. Estos resultados los introduciremos en Photomodeler una vez obtenido el levantamiento y modelo 3D para escalarlo.

## 4.4 Orientación relativa

El grueso del proyecto es el procesado de las fotografías con el software Photomodeler. Con este programa podemos realizar el levantamiento y el modelo 3D del edificio. Lo primero que vamos a hacer será realizar las orientación relativa de las distintas cámaras.

El primer paso es crear un nuevo proyecto de Photomodeler. Seleccionamos “Standard project”.

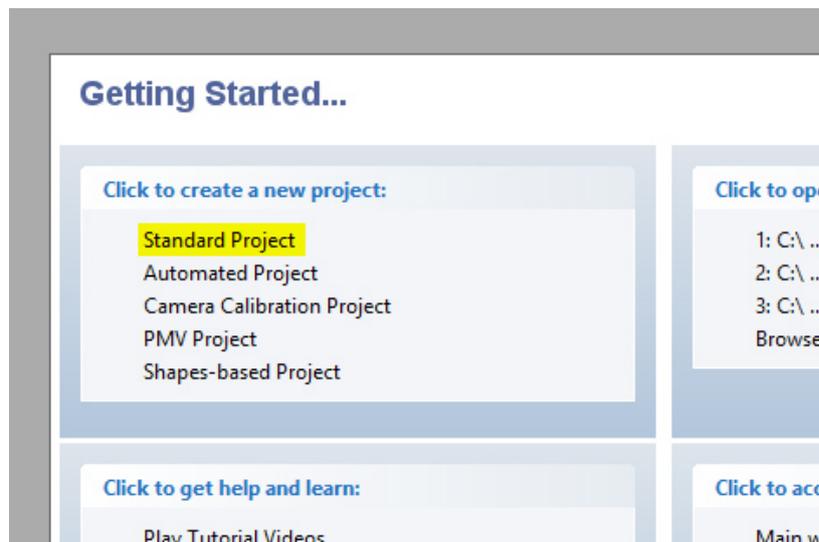
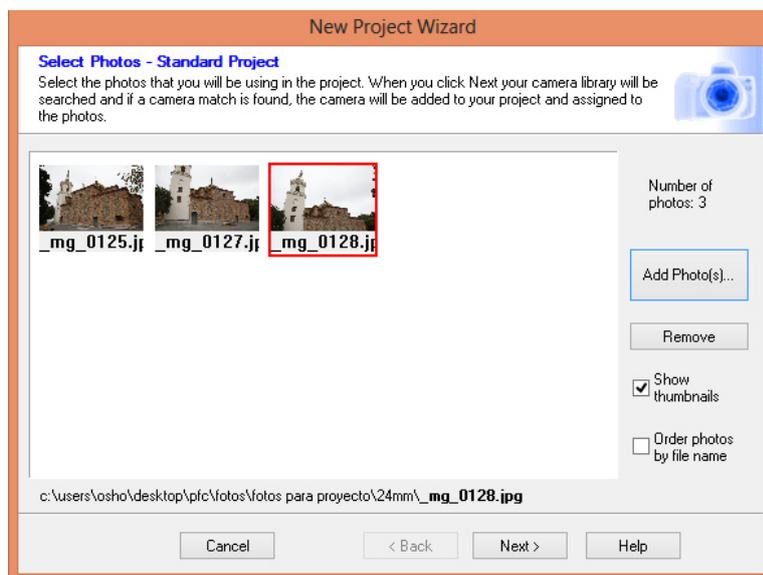


FIG 4.15- Nuevo proyecto en Photomodeler

Al realizar esto se nos despliega una nueva ventana donde nos pide que agreguemos fotos. Comencé el proyecto agregando solo tres fotos pertenecientes a la fachada oeste. El comenzar el proyecto con pocas fotografías nos permite controlar más los posibles errores que podamos ir cometiendo.



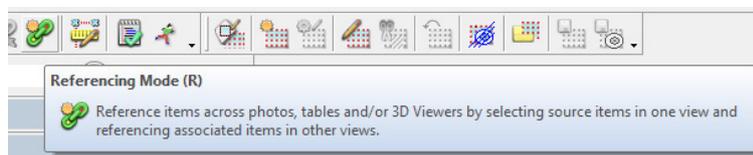
**FIG 4.16- Primeras fotografías incluidas en el proyecto**

Después el programa nos pide que seleccionemos una cámara calibrada. Como las tres fotografías que hemos seleccionado están realizadas con una focal de 24mm, seleccionamos el archivo .pmr que contiene la calibración para esta focal.

#### 4.4.1 Marcar puntos

Ahora vamos a comenzar la orientación relativa de las imágenes, para ello vamos a ir marcando puntos homólogos en nuestras fotografías, que en nuestro caso son puntos naturales de la fachada.

Una vez que tengamos marcados unos 15 puntos aproximadamente en una de las fotografías iremos buscando y referenciando los puntos homólogos en las siguientes fotografías. Esto se hace con la herramienta “*Referencing mode*” (atajo de teclado **R**).



**FIG 4.17- Herramienta “Referencing Mode”**

Una vez activada la herramienta seleccionamos un punto de los marcados en la primera fotografía, y buscamos ese punto en las restantes fotografías. Al hacer esto, vamos estableciendo relaciones entre las fotografías.

En principio, necesitamos un mínimo de 6 puntos referenciados para conseguir la orientación relativa entre las imágenes. Resta decir que cuantos más puntos homólogos y más imágenes orientadas relativamente tengamos, mayor será la precisión del modelo.

Conforme vayamos referenciando puntos, en la ventana de representación 3D de nuestro modelo irán apareciendo los puntos ocupando su posición en el espacio tridimensional.

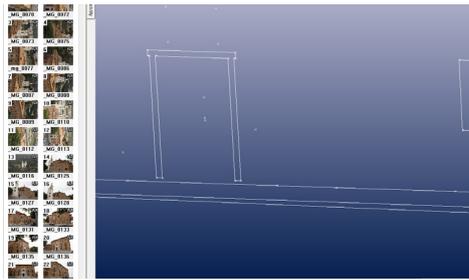


FIG 4.18 Primeros punto y líneas en el proyecto

Más tarde agregué dos fotos más de la fachada para aumentar la precisión de los puntos.

Seguí por la fachada sur de la iglesia, puesto que enlacé los puntos marcados en la esquina, que era la parte en común con la anterior fachada. Aquí agregué cinco fotografías solo para la fachada de la iglesia. Debido a la geometría de esta fachada fue fácil y bastante preciso establecer los puntos homólogos. Sin

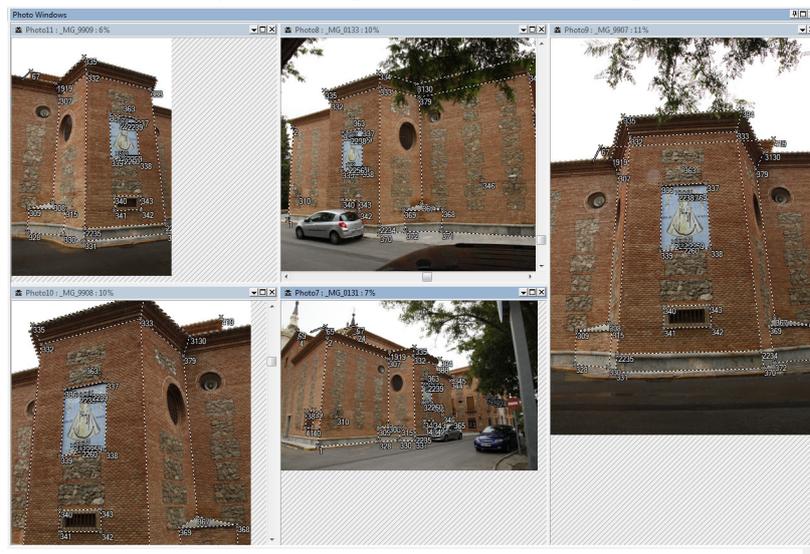


FIG 4.19- Fachada Sur

embargo, ya se comenzaban a vislumbrar las futuras dificultades: el pasillo.

Llegué al pasillo, para luego continuar por la fachada sur del monasterio de la benedictinas. Debido a la estrechez del pasillo, el desnivel que había en él y los distintos elementos arquitectónicos, el pasillo se convirtió en prácticamente un proyecto en sí mismo. Agregué nueve fotografías del pasillo, sin contar con las tomadas desde la cubierta transitable del monasterio, ni las tomadas en la cara norte del pasillo.

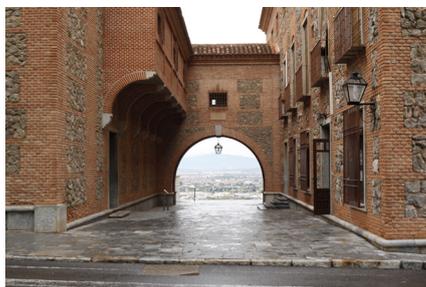


FIG 4.20- El arco

El procedimiento para referenciar estas fotografías fue arduo y tedioso. Me enfrenté a los primeros errores al procesar los puntos y a las primeras negativas a referenciar algunas fotografías. En varias ocasiones tuve que agregar una gran cantidad de puntos extra exclusivamente para poder referenciar una sola fotografía.

#### 4.4.2 Curve Through Points

La aparición del arco que comunica la iglesia con el monasterio me supuso enfrentarme con la forma de crear líneas curvas con precisión. Esto se realiza referenciando puntos en el recorrido del arco, y usando la herramienta “Curve Through Points”. Con esta herramienta creas la curva seleccionando los puntos por donde debe pasar. Tras esto, puedes seleccionar en las propiedades de la curva la opción “planar”, para hacer que la curva se mantenga en dos dimensiones. Tengo que decir que tras experimentar con la herramienta de “Markes Curve Mode” y la de “Curve Through Points”, obtuve una mayor precisión en el modelo utilizando ésta última.

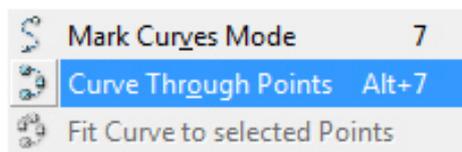


FIG 4.21- Herramienta Curve Through Points

### 4.4.3 RMS - Valor residual máximo

Un concepto que tenemos que considerar antes de continuar con el desarrollo de esta fase del proyecto, es el de Valor Residual Máximo. Este valor nos indica, en número de píxeles (mientras no obtengamos la orientación absoluta del modelo), el error máximo entre puntos homólogos.

Photomodeler nos indicará que el error se debe mantener, siempre que sea posible, inferior a 5 píxeles, para que los resultados del proyecto sean correctos. Destacar que se trata de un valor relativo, ya que según las características de las imágenes, el valor del píxel en el terreno puede variar. Para llevar un control de este valor residual, aconsejo tener siempre desplegada la ventana de “Point table - Quality”. En la ventana nos aparece la información de los puntos que agregamos al proyecto. Debemos ordenarlos por la columna “Largest residual pixel” de mayor a menor. De esta forma sabremos qué punto tiene el mayor error, mirando en la columna de “Photo Largest Residual” sabremos en qué fotografía está ese punto y comparándolo con la columna de “RMS Residual(pixel)” sabremos si ese punto está muy desviado con respecto a los marcados en otras fotografías.

Esta ventana podemos desplegarla pulsando en “view>Point table - Quality”, o usando el atajo de teclado “Shift+2”.

Id	Name	RMS Residual (pixels)	Largest Residual (pixels)	Photo Largest Residual	Photos (used)	X Precisi...	Y Precisi...	Z Pr
6212		4.997788	7.206416	40	34,82,1...	0.008040	0.009112	0.0
3323		4.203247	6.210996	21	12,19,2...	0.009168	0.010006	0.0
6510		3.791309	6.129014	81	57,81,6...	0.009420	0.011319	0.0
5336		4.793637	6.112609	77	77,78	0.007544	0.006445	0.0
5233		5.231308	6.098460	77	77,79	0.007373	0.009419	0.0
41		3.827127	5.944633	17	15,60,1...	0.011058	0.011958	0.0
340		2.727129	5.887922	20	18,17,7...	0.010827	0.010946	0.0
2370		2.845464	5.676059	35	73,72,3...	0.007276	0.006292	0.0
2644		3.514743	5.633035	66	58,26,4...	0.005532	0.006014	0.0
300		3.397319	5.506070	70	6.93.25	0.000010	0.007460	0.0

FIG 4.22- Ventana “Point table - Quality”

Hago hincapié en utilizar esta tabla y en este momento, puesto que para referenciar puntos en el pasillo, necesité de muchas fotografías, marcar muchos

puntos, y marcarlos en lugares difíciles de identificar al cambiar de una fotografía a otra. En ocasiones ocurría que referenciaba un punto en un lugar diferente y no me daba cuenta del error hasta que observaba esta tabla y apreciaba unos puntos con residuales anormalmente altos. Gracias a que te identifica el punto y la fotografía en la que se encuentra resultaba sencillo de rectificar.

Seguí por la fachada principal del monasterio. Marcar y referenciar puntos en esta fachada fue rápido y sencillo por la cantidad de fotos que disponía de ella y, sobre todo, por la calidad de las mismas. La fachada noroeste del monasterio tan solo me dió algunos problemas debido a la curvatura del terreno.

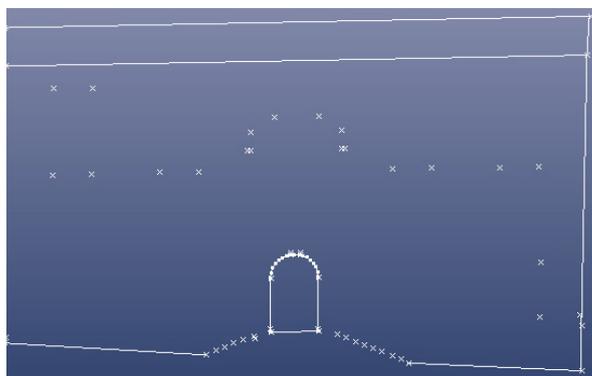
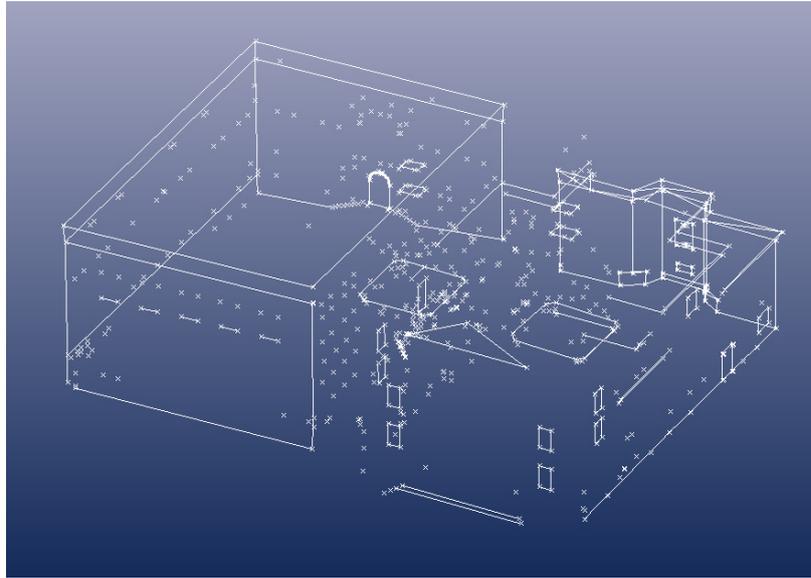


FIG 4.23- Puntos marcados en la entrada al Monasterio

#### 4.4.4 Procesado automático, procesado manual

Aquí ya estaba manejando 33 fotografías, por lo que el proyecto comenzaba a ralentizarse un poco al referenciar puntos homólogos. Photomodeler, cuando detecta que tarda mucho en procesar, te muestra una ventana de advertencia y te dice si quieres pasar a manual. Siempre se puede pasar de un procesado automático a manual y viceversa, pulsando en el icono de abajo a la derecha en la que aparece un monigote. Así que desactive el procesado automático y lo dejé en manual. Cada vez que quisiera ver la posición en la que iban quedando los puntos marcados debía darle a procesar el proyecto. Esto se hace pulsando en el icono correspondiente o la tecla “F5”.

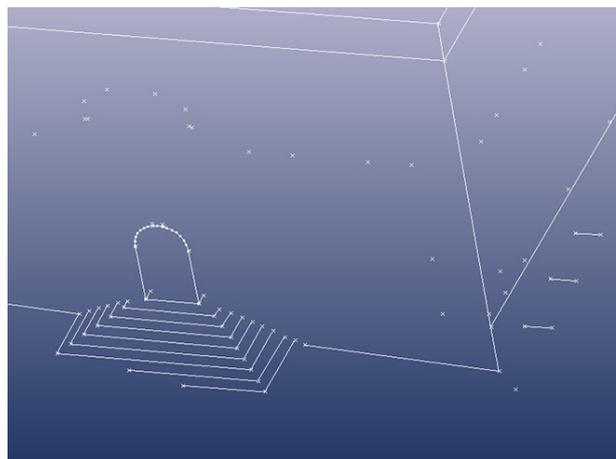
Una vez que conseguí dar una vuelta completa a los edificios tenía ya en el proyecto 47 fotografías. Todavía quedaba lo más difícil, realizar la cubierta y los detalles.



**FIG 4.24- Un proyecto extenso requiere desactivar el procesamiento automático**

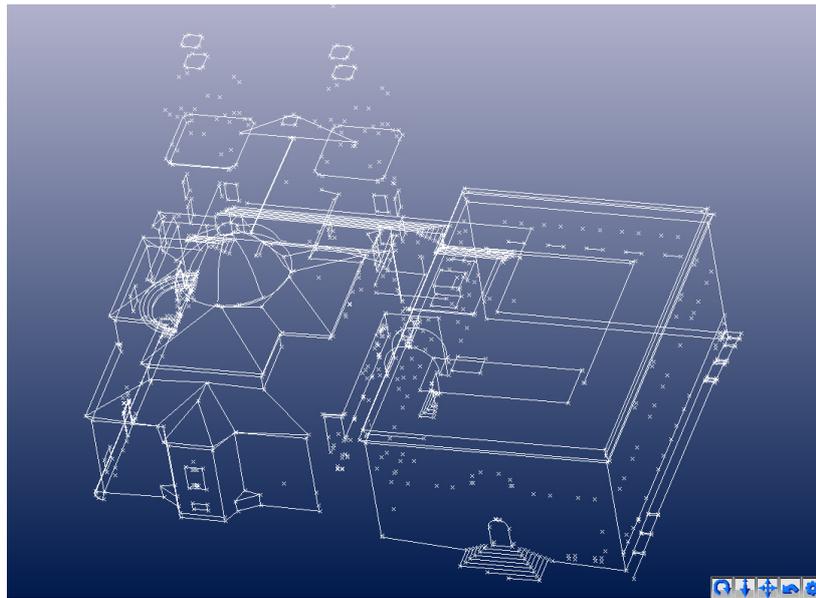
#### 4.4.5 Empedrado

Observé lo que llevaba creado del modelo y, a pesar de que le faltaba la cubierta y algún que otro detalle, no veía el Santuario que conozco, le faltaba algo más. Pensé que también era algo importante representar los escalones, tanto los que llevan a los accesos del edificio como los que lo bordean. Tenía que representar el desnivel en el que se haya nuestro edificio, era algo necesario hacerlo. Así que comencé a referenciar puntos para representar no solo los escalones, si no también todo el empedrado que rodea a los edificios.



**FIG 4.25- Referenciando la escalera**

Una vez marcados todos los puntos que pude del suelo seguí por la cubierta. Al principio escogía fotos en las que apareciese gran parte de la fachada, esto es para que hubiese parte de la fotografía con una gran cantidad de puntos referenciados y con gran precisión. Sin embargo, casi terminando de marcar puntos y líneas en la cubierta, advertí que iba a tener lagunas en el proyecto. Habían puntos en los que solo había podido marcarlos en una sola fotografía, así que eran inservibles. Sin embargo esto lo iba a poder solucionar más adelante.



**FIG 4.26- Cubierta casi terminada**

## 4.5 Realización del Modelo Tridimensional

Comencé a crear las superficies que creía que ya estaban bien. Para hacer esto hay que seleccionar la herramienta “Path Mode”. Una vez que cogemos esta herramienta vamos seleccionando líneas o puntos, con un mínimo de tres para poder crear la superficie, y si no hemos cerrado la superficie, la terminamos haciendo clic derecho y pulsando en “Finish surface”.

Para hacer la cúpula utilicé otra herramienta, “Revolution Mode”. Una vez con la herramienta seleccionada, escogí la curva de la cúpula con más precisión, y luego la herramienta te pide un eje sobre el que rotar esa curva, para ello seleccione la recta que había creado marcando la coronación de la cúpula.

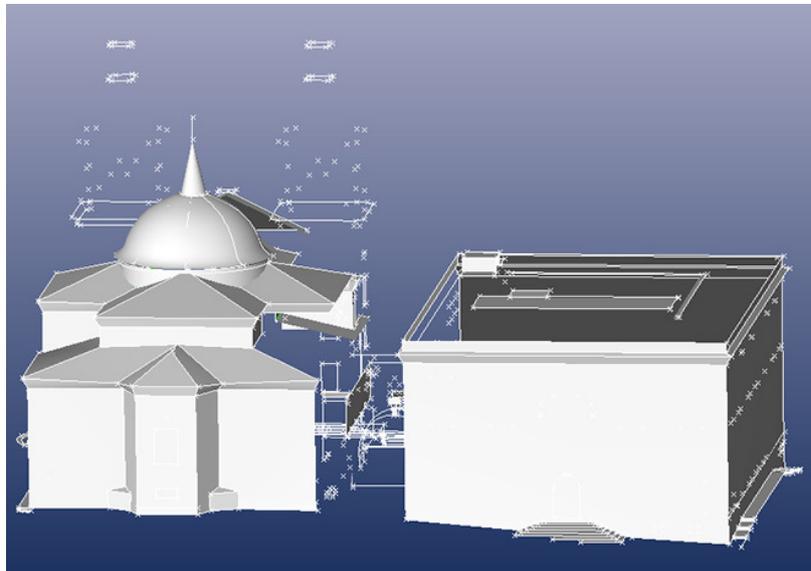


FIG 4.27- Primeras superficies

### 4.5.1 Mark Surface Point - Line Mode

A pesar de haber creado casi la totalidad de la superficie de los edificios, aún necesitaba de más puntos referenciados para poder poner más superficies. Este problema se soluciona usando la herramienta “Mark Surface Point - Line Mode”. Esta herramienta te permite marcar puntos sobre superficies. Para usarla se tiene que activar la visibilidad de superficies en las fotografías, puesto que estos puntos los necesita marcar sobre las fotografías y no sobre la ventana del modelo tridimensional. Esto ayuda mucho a la hora de completar un edificio con

tantos recovecos como este. Todos los puntos y líneas que he marcado en este proyecto mediante este método, están en una capa diferente al resto y con un color verde chillón para diferenciarlos bien del resto.

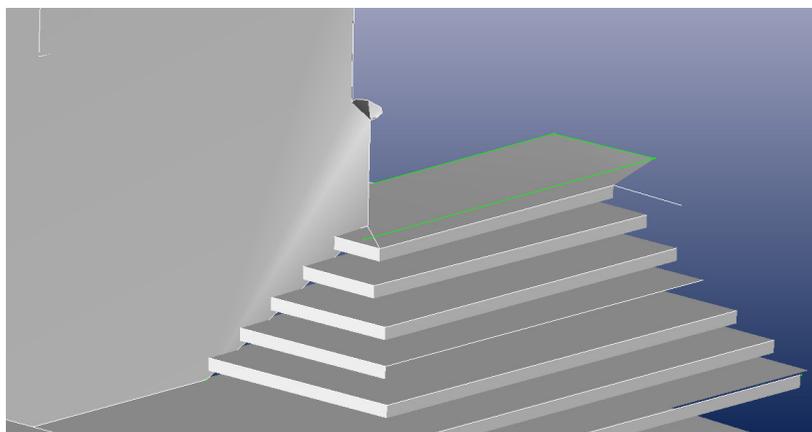


FIG 4.28- En verde las líneas y puntos obtenidos por “Mark Surface Points”

#### 4.5.2 Sweep Mode

Para acabar el modelo usé una última herramienta, la herramienta “Sweep Mode”. Esta herramienta consigue que puedas crear una superficie seleccionando tan solo dos líneas o curvas. Para usarla hacemos clic en el icono de “Sweep Mode”, seleccionamos una línea o curva que será la que actúe como sentido del desplazamiento, y luego seleccionamos una segunda línea que será la que se use para desplazar.

Una vez que acabé de crear superficies en mi proyecto habían 81 fotografías. Pero esto no estaba terminado. Había cerrado la cubierta del monasterio, pero el resultado no me satisfacía.

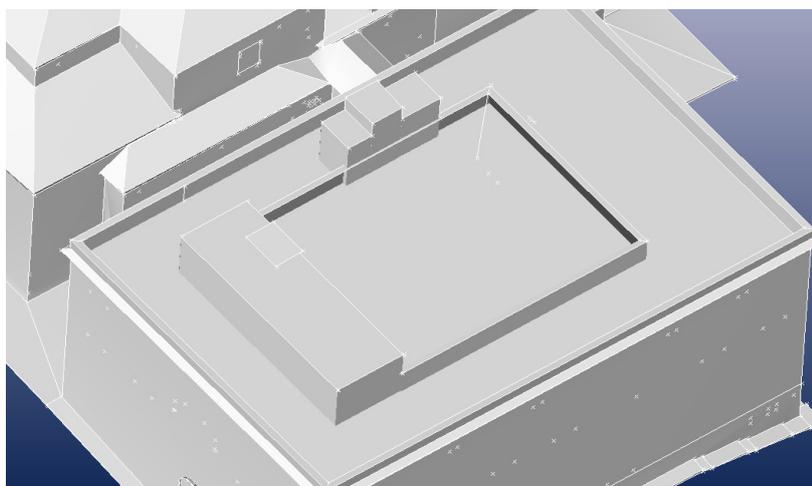
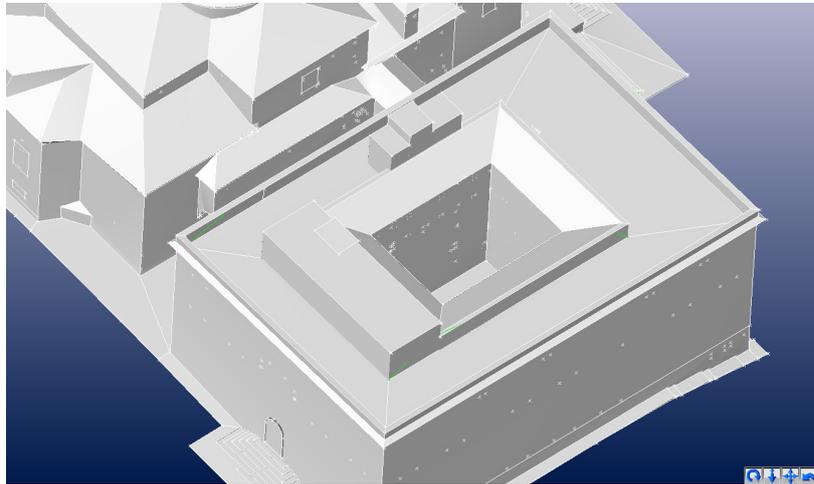


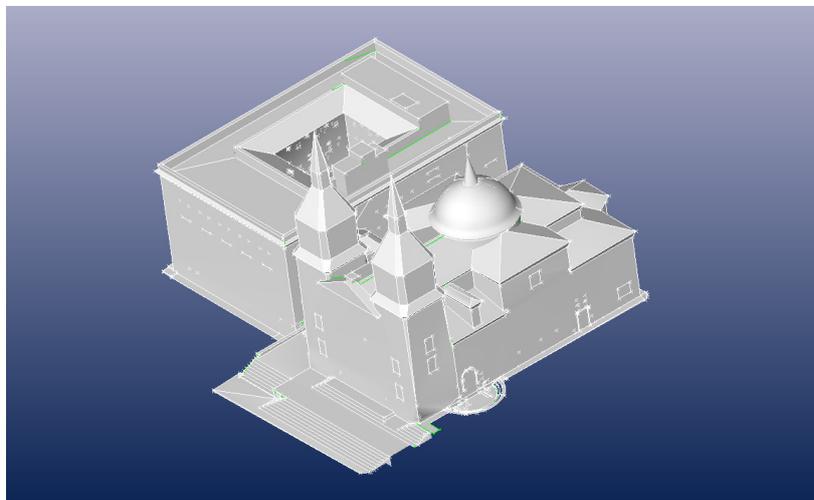
FIG 4.29- Cubierta del monasterio cerrada

Así que también me decidí a crear el patio interior del Monasterio de las monjas benedictinas. Añadí 11 fotografías más al proyecto. Fue costoso referenciar el patio interior con respecto a lo ya creado. Pero con Photomodeler al final se consigue todo de la misma forma: poniendo más puntos.



**FIG 4.30- Cubierta del monasterio con el patio interior creado**

El resultado final con el pasillo, la cubierta, el patio y el empedrado si comenzaba a evocar al verdadero Santuario.



**FIG 4.31- Final del modelado utilizando Photomodeler**

### 4.5.3 Texturas

A continuación explicaré cómo añadirle texturas. En Photomodeler hay dos tipos de formas de ver/poner las texturas al modelo. La primera es “Fast

textures”, es una forma rápida de ver las texturas, pero harto inservible. Las texturas así creadas tienen mala calidad y no se corresponden con todo el trabajo dedicado. Así que esta opción está descartada por completo.

La otra forma de ver las texturas es con “Quality textures”, aquí ya se crean texturas con mayor precisión y que se corresponden con los puntos marcados. Sin embargo la calidad deja mucho que desear. Esto se debe a que Photomodeler, por defecto, crea unas texturas de 1024x1024píxeles. Esto que al principio es suficiente, se nos queda escaso cuando hemos creado un gran número de superficies, y queremos que nuestro modelo luzca mejor.



**FIG 4.32- Modelo con texturas rápidas**

Así que en las opciones de la ventana en 3D, en la pestaña de “Sizes”, puse que me crease una textura de 3500x3500píxeles en la opción de “Quality Textures”. Esto hace que el proceso de creación de texturas sea largo y pesado, unas 2 horas, pero sin duda merece la pena.



**FIG 4.33- Modelo con texturas de calidad**

Cuando pedimos que nos muestre el modelado con texturas, Photomodeler crea un archivo .JPG en la carpeta “pmTextures”, la cual se haya en la misma ubicación donde estemos guardando nuestro proyecto de Photomodeler. Este archivo lo copié, puesto que Photomodeler lo suele borrar, para su posterior modificación en Photoshop. El mapa de textura es como muestra la siguiente imagen.

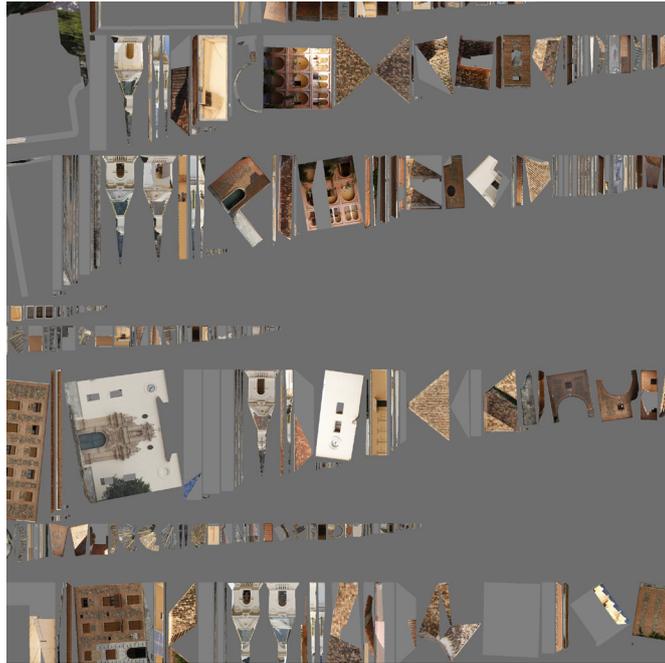


FIG 4.34- Mapa de texturas

## 4.6 Orientación absoluta

Una vez hemos terminado de modelar nuestro edificio, lo que tenemos es una serie de relaciones entre los puntos, es decir, tenemos su posición relativa. Sin embargo, éstos no tienen ninguna dimensión, el programa desconoce si las distancias entre los puntos son de milímetros o metros.

Para ello vamos a realizar la orientación absoluta en Photomodeler.

Pulsamos en “*View>External Geometry Explorer*” y se nos despliega una ventana.

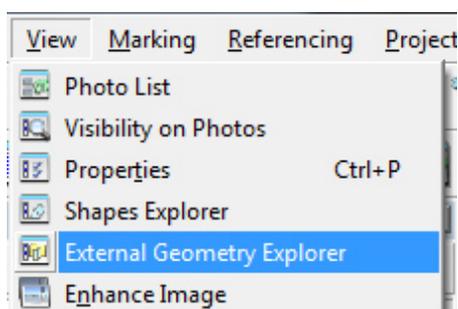


FIG 4.35- External Geometry Explorer

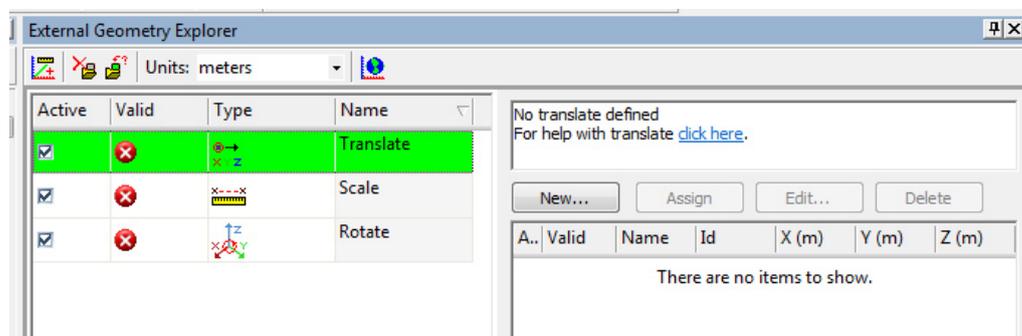
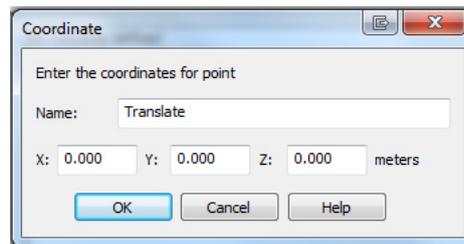


FIG 4.36- Ventana de “External Geometry Explorer”.

En primer lugar vamos a asegurarnos que estamos trabajando en metros. En la pestaña de arriba, seleccionamos “*meters*”.

Ahora nos pide que insertemos un punto como origen. Para hacer esto vamos a pulsar a la derecha en “*New*”.



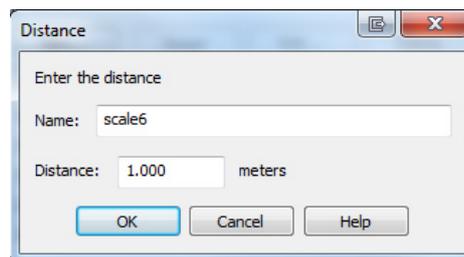
**FIG 4.37- External Geometry Explorer**

Aparece una nueva ventana en la que nos aseguramos que estén todas las coordenadas en 0 y pulsamos “OK”. Esto nos crea un nuevo punto en la parte derecha de la ventana de “*External Geometry Explorer*”, el cual seleccionamos y observamos como se activan los botones de asignar, editar y borrar. A continuación seleccionamos un punto, luego pulsamos sobre asignar y ya tenemos establecido ese punto como eje de coordenadas. En este proyecto se asignó el punto **8**, la esquina de la Iglesia, como eje de coordenadas.

Ahora seleccionamos la opción “*Rotate*”. Tendremos que establecer dos ejes en nuestro proyecto. Para poner el eje X, seleccionamos dos puntos y pulsamos sobre el botón “*Horizontal - X*”. Nosotros establecimos los puntos **1519-4719** como eje X.

La misma operación ha de hacerse para poner el eje Z. Para este eje nosotros seleccionamos los puntos **1519-4713**.

Por último tenemos la opción “*Scale*”. Aquí podemos poner tantos puntos como queramos para establecer la escala de nuestro modelo. Lo único que hay que hacer pulsar sobre el botón “*New*”. Aparece una ventana donde podemos introducir un nombre y la distancia medida. Ponemos la distancia que hayamos tomado *in situ* y pulsamos “OK”.



**FIG 4.38- Ventana para establecer una distancia para la escala**

Tan solo nos queda seleccionar los dos puntos que se correspondan con la medida tomada y pulsamos en el botón “*Assign*”.

En este proyecto se ha asignado la medida de la fachada noreste, correspondiente al lateral del Monasterio. Esta medida ha sido de 32,421 metros. Las medidas resultantes del escalado del modelo y su comprobación con las medidas reales se pueden consultar en el capítulo 6.

## 4.7 Vista del modelo en Photomodeler

A continuación podemos observar el modelo con los ejes orientados y tras haber usado texturas de alta calidad en Photomodeler.



FIG 4.39- Vista frontal



FIG 4.40- Vista trasera



**FIG 4.41- Vista lateral Santuario**



**FIG 4.42- Vista lateral Monasterio**



**FIG 4.43- Vista cenital**

## 4.8 Prueba con 123D Catch

Autodesk 123D Catch es una herramienta creada por Autodesk para convertir fotografías en modelos 3D en pocos pasos y sin conocimientos de diseño. 123D Catch es por un lado, aplicación web, accesible desde los navegadores más modernos, por otro, aplicación para iPad e iPhone, y en tercer lugar también está disponible para su uso en PC. Cabe aclarar que el proceso de creación de las representaciones 3D se hace en los servidores de Autodesk, lo cual implica dos cosas. La primera es que necesitarás una conexión a Internet activa para subir las imágenes para su procesamiento. La segunda es que no necesitarás un ordenador tan potente de forma local, ya que la mayoría de los recursos utilizados serán los de la nube. Como el resto de productos de la gama 123D de Autodesk, hay un modelo básico gratuito y un modelo Premium de pago con funciones avanzadas para los más exigentes.



FIG 4.44- 123D Catch

Hice unas pruebas con este software utilizando las fotografías de la Fuensanta. En primer lugar reduje el tamaño de las fotografías a un tamaño de 1500x1000px, de esta forma pasé de una carpeta de más de 1200megas a una de 150 megas. Recordemos que lo que ocupen las imágenes es importante puesto que vamos a tener que transmitir los datos por la red.

Mi primera prueba la hice con 216 imágenes, las cuales ocupaban más de 150 megas. Tardaron unos 50 minutos en subir las imágenes a su servidor. Luego tardó en realizarse el proyecto aproximadamente unos 30 minutos. Al terminar el proceso te muestran el resultado, en este caso más de 200 imágenes habían sido desechadas, tan solo había tomado las de una fachada, y además esta fachada contenía errores muy graves.

En mi segunda prueba escogí 6 fotos de la puerta principal, ocupaban unos 5 megas. Tardaron en subir 1 minuto y en procesarse el proyecto otro minuto más, dediqué unos 10 segundos en eliminar los bordes de la malla que había creado.

Después el proyecto lo puedes exportar a .DWG, .OBJ, FBX, .RZI, .IPM y .LAS, lo cual te da la posibilidad de importarlo a casi cualquier software de edición 3D.

Los resultados de esta prueba se pueden ver en el capítulo 6.



# 5. Mejoras en el modelo tridimensional

## 5.1 3ds Max

El modelo tridimensional lo transporté a 3ds Max. Es un programa que va a facilitar la buena presentación del modelo creando superficies, creando algunos objetos, utilizando efectos de iluminación, creando cámaras para mostrar el modelo de una forma fotográfica y, en resumen, adoptando todo lo creado exteriormente.

## 5.2 Modificar texturas

Quisiera recordar que hice una copia del mapa de texturas para su posterior edición. Esta copia la abrí en Adobe Photoshop. Una vez abierto buscamos errores u objetos molestos en las texturas. A continuación explicaré brevemente el proceso que sigo para corregir las texturas con un ejemplo.

Observamos en el mapa de texturas que en la fachada trasera del monasterio de las Benedictinas ha quedado plasmado un coche. Esta información es molesta, y además tenemos otras fotografías de ese trozo de fachada sin la presencia del coche.



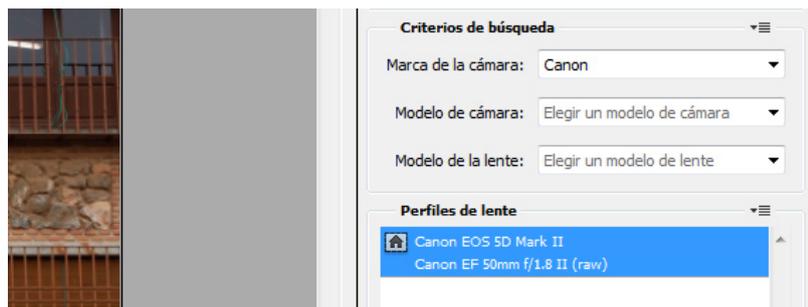
FIG 5.01- Aparece un coche en la textura

Buscamos en nuestro archivo fotográfico una fotografía que muestre ese trozo sin coche, y sea lo más frontal posible. Encontramos la foto “\_MG\_9956.JPG”, es una fotografía que no se utilizó en el proyecto de Photomodeler, pero que es perfecta para retocar texturas.



**FIG 5.02- Fotografía utilizada para eliminar el coche de la textura**

Abrimos esta imagen en Photoshop, y lo primero que vamos a hacer es corregir la distorsión de la lente. Photoshop, al igual que Adobe Lightroom, dispone de un archivo de distorsiones geométricas provocadas por las cámaras y las lentes más utilizadas. Pulsamos en “Filtro>corrección de lente” y se nos despliega una ventana en la que ha detectado la cámara y la lente utilizada, y con estos datos ha corregido la distorsión.



**FIG 5.03- Photoshop detecta y corrige la distorsión de la lente**

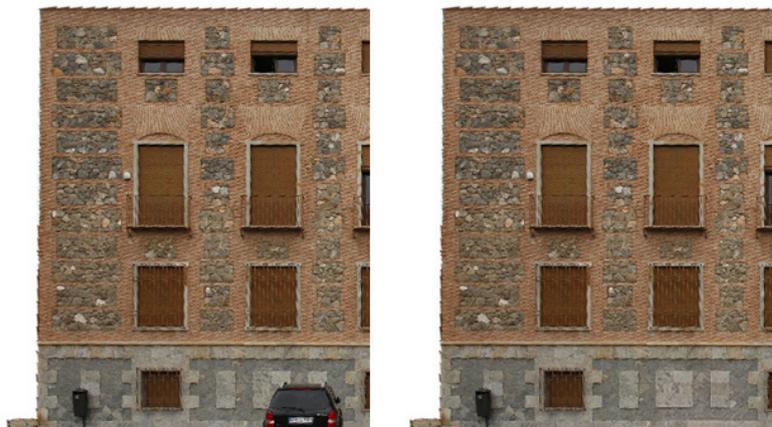
Seleccionamos con la herramienta “Marco Rectangular” la zona que nos interesa y copiamos (Control+C). Abrimos nuestro mapa de texturas y pegamos (Control+V). La imagen pegada es mucho más grande que nuestra textura, así que con el atajo de teclado (Control+T) entramos en el modo transformación libre y reducimos la imagen hasta que sea un poco más grande que la textura.



**FIG 5.04- La capa de la textura original y la nueva**

Ahora le damos una transparencia de 50% a la capa pegada y seleccionamos la herramienta distorsionar, “Edición>Transformar>Distorsionar”. En el menú transformación hay una herramienta llamada “Perspectiva”, pero tienes menos libertad a la hora de manejarla, siempre es mejor usar la herramienta “Distorsionar”. Ahora vamos a desplazar los manejadores de las esquinas hasta que todo quede ajustado.

Le damos una opacidad de 100% a nuestra capa, y le aplicamos una máscara de capa que la oculte completamente, “Capa>Máscara de capa>Ocultar todo”. Al hacer esto no veremos nuestra capa, lo único que tenemos que hacer es coger la herramienta pincel y pintar con color blanco sobre la máscara de capa en el lugar que ocupa el coche. En la siguiente imagen podemos comparar el antes y el después de la edición.



**FIG 5.05- Ya no hay coche**

Ediciones como ésta he hecho muchas en la textura, pero siempre respetando la perspectiva. He dejado sin editar algunas zonas en las que no podía asegurar que la escala o perspectiva fuese la correcta.

A continuación pongo una serie de imágenes que muestran algunas de las zonas editadas en el mapa de textura.

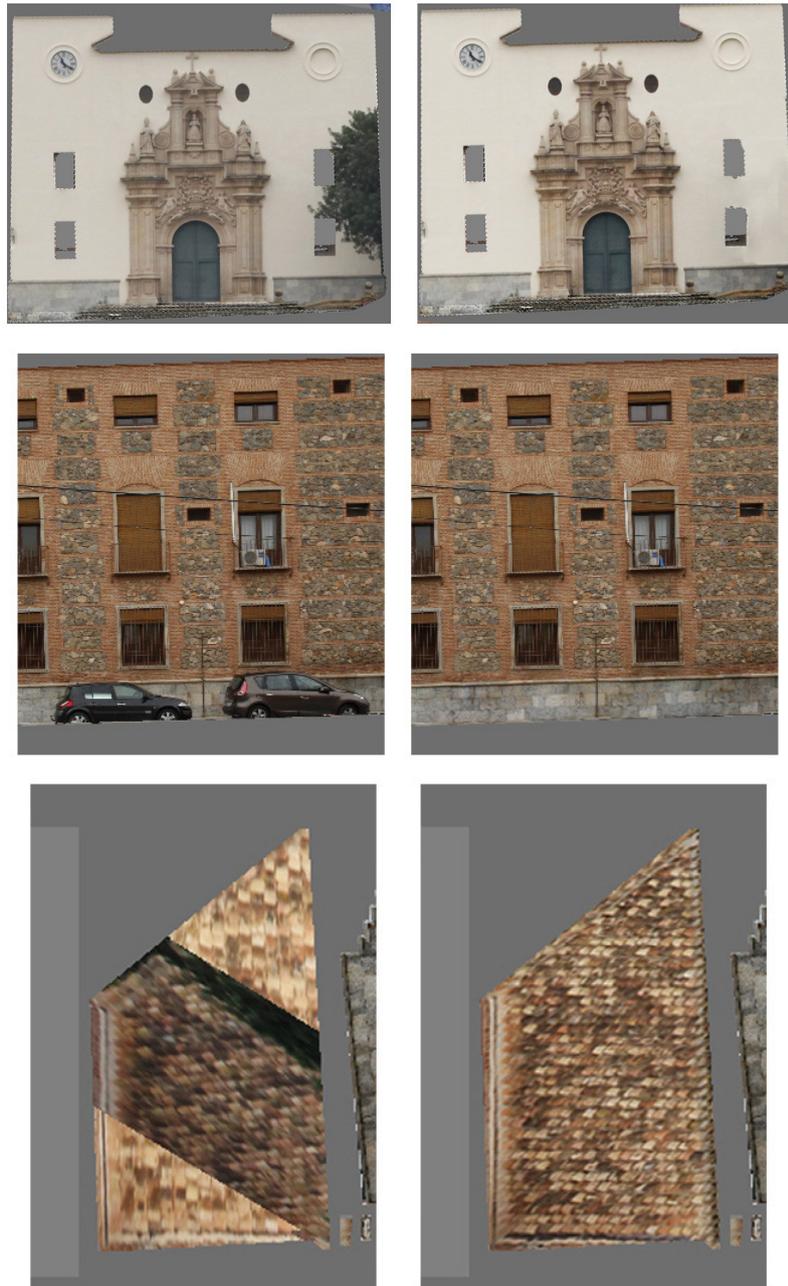


FIG 5.06- Texturas creadas por Photomodeler y corregidas

## 5.3 Añadir imagen de terreno en 3D

Añadí un fragmento de terreno colindante en 3D en el modelo usando el software gratuito SketchUp. A continuación explicaré los pasos necesarios para hacerlo.

Abrimos SketchUp y pulsamos sobre el botón “Añadir localización”, al realizar esto se despliega una ventana donde se pueden ver los mapas de Google.

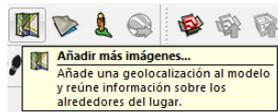


FIG 5.07- Botón añadir localización

Navegamos en esta ventana hasta llegar a la zona deseada. Para asegurarse de que recibimos la mayor cantidad, que se pueda, de resolución del terreno, haremos zoom todo lo que podamos en esta ventana. Cuanto más nos acerquemos, más detalles tendremos. Una vez hecho esto pulsamos arriba a la derecha en el botón “Seleccionar región”.

La ventana cambia y aparecen cuatro chinchetas que acotan una región, como se puede observar en la siguiente imagen.

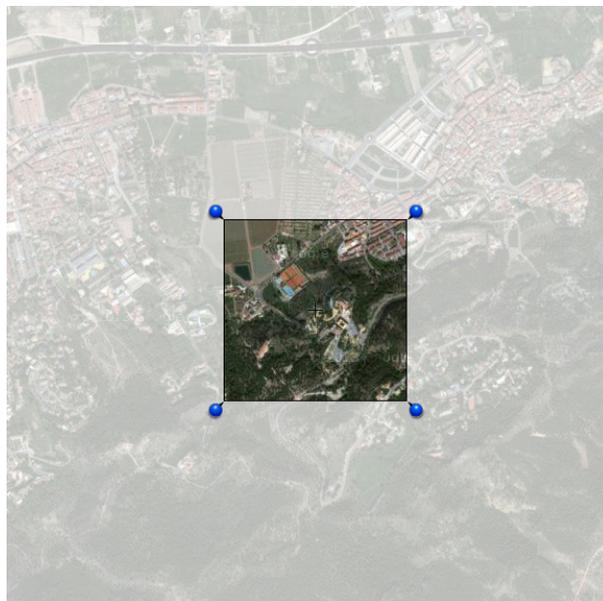
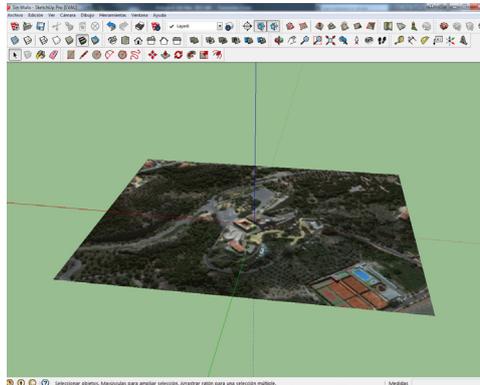


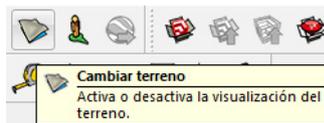
FIG 5.08- Acotar la región final

Aparecerá una imagen plana en el centro de nuestra pantalla.



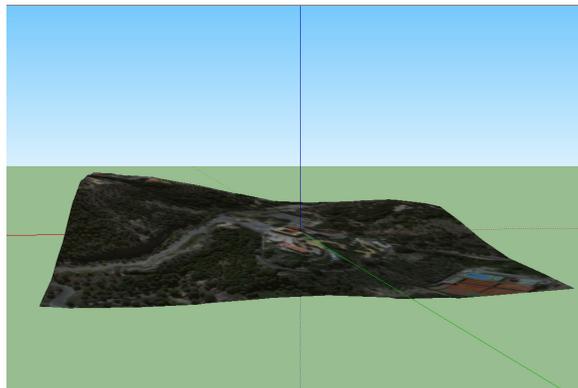
**FIG 5.09- Imagen plana**

Lo único que nos queda por hacer es pulsar en el botón de “*cambiar terreno*” para que cambie a tres dimensiones.



**FIG 5.10- Botón Cambiar terreno**

Ahora podemos exportar este terreno a 3ds Max o cualquier otro software de modelado en 3D.



**FIG 5.11- Ortofoto tridimensional**

## 5.4 Crear objetos para complementar el modelo

En 3ds Max he creado diversos objetos y los he ido colocando sobre el modelo para darle mayor realismo y fidelidad. Aquí no voy a explicar el proceso que he seguido para crear cada uno de los objetos, explicar el funcionamiento de 3ds Max es complicado y no compete a este proyecto. Tan solo voy a exponer los objetos creados y los voy a comparar con fotos de esos objetos.

### Objeto nº1- Lámpara de pared.



FIG 5.12- Lámpara original

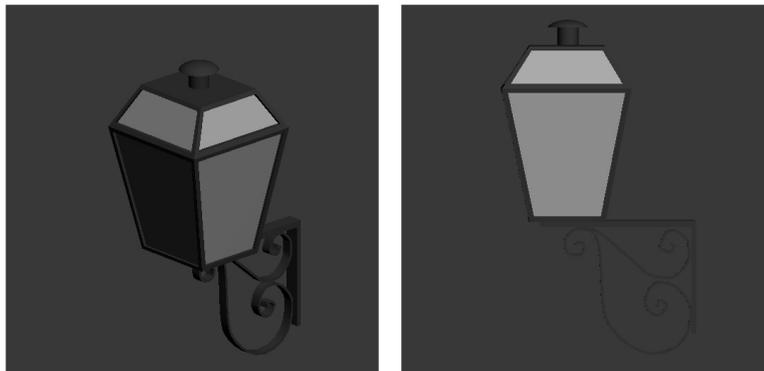
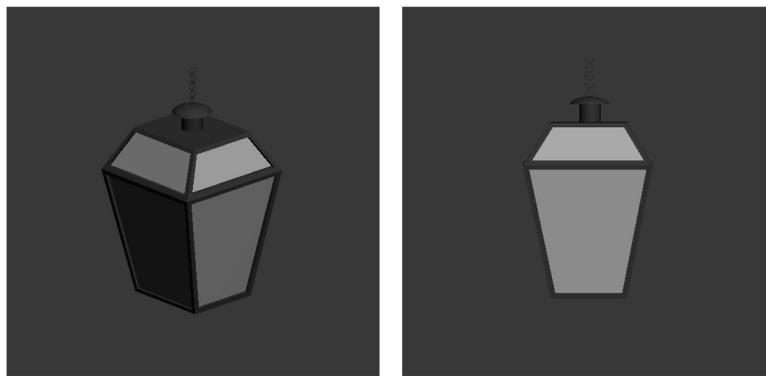


FIG 5.13- Lámpara creada

**Objeto n°2- Lámpara de techo.**



**FIG 5.14- Lámpara de techo original**



**FIG 5.15- Lámpara de techo creada**

**Objeto n°3- Cruz.**



**FIG 5.16- Cruz original**

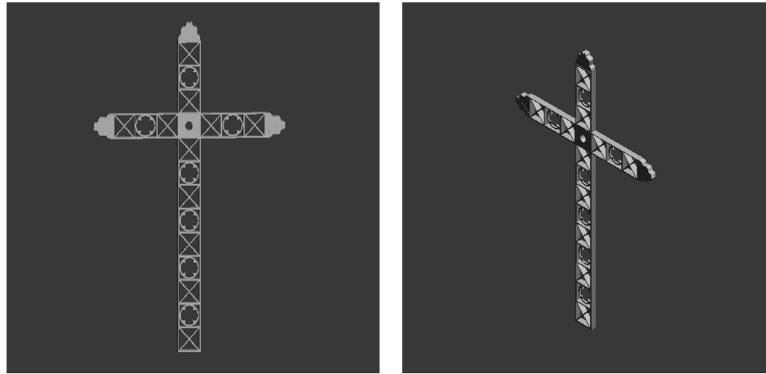


FIG 5.17- Cruz creada

**Objeto nº4- Barandillas.**



FIG 5.18- Barandillas

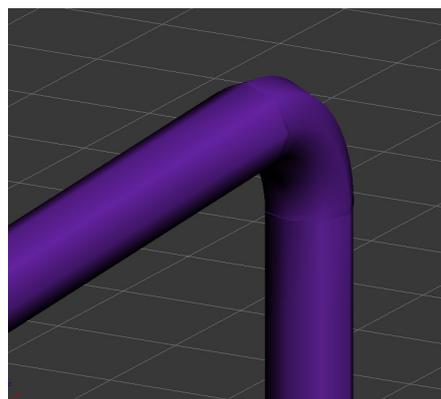


FIG 5.19- Barandilla creada



## 6. Resultados

Tras el trabajo desarrollado y las mejoras en el modelo hemos llegado a los siguientes resultados:

### 6.1 Resultados de la orientación interna

En primer lugar vamos a ver los resultados de la calibración hecha por Photomodeler:

Photographs		
Total Number	12	
Bad Photos	0	
Weak Photos	0	
OK Photos	12	
Number Oriented	12	
Number with inverse camera flags set	0	
Cameras		
Camera 1	Canon EOS 5D Mark II [105.00]	
Calibration	yes	
Number of photos using camera	12	
Average Photo Point Coverage	97%	
Photo Coverage		
Number of referenced points outside of the Camera's calibrated coverage	0	
Point Marking Residuals		
Overall RMS	0.536 pixels	
Maximum	1.501 pixels	160 on Photo 8
Minimum	0.403 pixels	64 on Photo 9

Maximum RMS	0.990 pixels	Point 189
Minimum RMS	0.241 pixels	Point 52
Point Tightness		
Maximum	0.00089 m	Point 1002
Minimum	0.00021 m	Point 41
Point Precisions		
Overall RMS Vector Length	0.000122 m	
Maximum Vector Length	0.000262 m	Point 734
Minimum Vector Length	9.31e-005 m	Point 45
Maximum X	0.000154 m	
Maximum Y	0.000123 m	
Maximum Z	0.000185 m	
Minimum X	4.42e-005 m	
Minimum Y	4.45e-005 m	
Minimum Z	6.87e-005 m	

Los resultados, aunque son buenos todos, varían bastante dependiendo del objetivo y de la focal utilizada. De esta forma podemos ver que la calibración del objetivo de 50mm ha sido la que mejores resultados ha arrojado, cosa nada sorprendente puesto que los objetivos fijos son los que menos distorsiones tienen. Por contra los peores resultados que obtenemos son del objetivo 70-200mm, en su distancia focal de 200mm. Este hecho tampoco sorprende puesto que es el

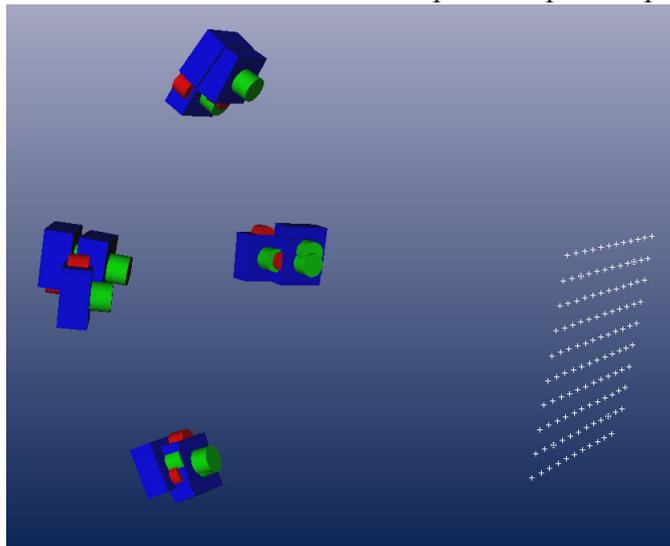


FIG 6.01- Posición relativa de la cámara con respecto a la refícula

objetivo que más recorrido tiene, y por lo tanto, se esperan de él mayores distorsiones.

Algo a destacar es que la superficie útil obtenida al realizar la orientación interna, en todas las distancias focales, ha superado el 90% de la imagen, lo cual nos dará cierta comodidad a la hora de marcar los puntos homólogos puesto que podemos utilizar prácticamente toda la fotografía.

El valor residual máximo (RMS), oscila entre los 0.190 píxeles del 50mm y los 0.920 del 200mm.

Photomodeler nos permite almacenar los resultados de la calibración en su librería de cámaras, de tal manera que si detecta que las fotografías importadas coinciden con las características de alguna de las cámaras de la misma, aplica los valores de la calibración de forma automática.

## 6.2 Resultados de la orientación relativa y absoluta

El informe del proyecto que realiza Photomodeler está desglosado a continuación:

Photographs	
Total Number	92
Bad Photos	0
Weak Photos	0
OK Photos	92
Number Oriented	92
Number with inverse camera flags set	0
Cameras	
Camera1	24mm - 5Dmkii - 0.531
Calibration	yes

Number of photos using camera			
Average	Photo	Point	95%
Coverage			
Camera1	50mm - 5Dmkii - 0.19		
Calibration	yes		
Number of photos using camera			
Average	Photo	Point	94%
Coverage			
Camera1	200mm - 5Dmkii - 0.920		
Calibration	yes		
Number of photos using camera			
Average	Photo	Point	91%
Coverage			
Point Marking Residuals			
Overall RMS	1.273 pixels		
Maximum	4.837 pixels	6844 on Photo 65	
Minimum	0.017 pixels	2339 on Photo 39	
Maximum RMS	3.674 pixels	Point 6844	
Minimum RMS	0.015 pixels	Point 2339	
Point Tightness			
Maximum	0.083 m	Point 1943	
Minimum	4.6e-005 m	Point 5334	
Point Precisions			
Overall	RMS	Vector	0.0434m
Length			
Maximum	Vector Length	0.528 m	Point 4662
Minimum	Vector Length	0.00685 m	Point 1451
Maximum	X	0.464 m	
Maximum	Y	0.212 m	
Maximum	Z	0.271 m	
Minimum	X	0.00418 m	
Minimum	Y	0.00419 m	
Minimum	Z	0.00314 m	

Point Angles		
Maximum	89.99 degrees	Point 923
Minimum	0.5096 degrees	Point 2339
Average	63.49 degrees	

Para realizar el modelo del Santuario se han usado **92** fotografías, de las cuales **73** pertenecen a la distancia focal de 24mm, **5** fotos han sido hechas con el 50mm y las **14** restantes con la distancia focal de 200mm. Las focales de 70mm y de 105 mm han quedado sin usar. Las 92 fotografías elegidas se pueden ver en el **Anexo I**.

Se han identificado **1453** puntos homólogos, algunos de los cuales han sido referenciados hasta en **16** fotografías. Han habido fotografías en las que se han marcado más de 200 puntos, así que, con una media de 79 puntos marcados por fotografía, en total se han marcado **7268** puntos únicos.

Otro dato a tener en cuenta es que en la calibración habíamos conseguido una superficie útil superior al 90% en todas las focales y, en el proyecto final, la media de superficie marcada ha sido del **67%**.

Los resultados muestran un RMS medio de **1,273 píxeles**. A su vez comprobamos que el valor del RMS máximo se encuentra por debajo de 5 píxeles, valor máximo aconsejado por Photomodeler.

Los datos de cada una de las fotografías en la orientación relativa pueden consultarse en el **Anexo II**.

La orientación absoluta se ha realizado obteniendo un valor residual medio de **4,34cm**. El error mínimo se ha dado en el punto 5334 y tiene una precisión de **0,68cm**. Aunque hayamos dicho que el error medio es de unos 4 centímetros, se ha de recalcar que los puntos principales, los que le dan forma al edificio, tienen un error alrededor de los **8 milímetros**. Con estos datos estamos satisfechos con los resultados obtenidos.

<b>Comprobación de medidas</b>				
<b>Fachada</b>	<b>Puntos modelo</b>	<b>Medida real(m)</b>	<b>Medida modelo(m)</b>	<b>Error(m)</b>
Sureste	340-343	1,360m	1,360m	0m
Suroeste	18-19	1,698m	1,703m	+0,005m
Suroeste	3155-3162	2,172m	2,169m	-0,003m
Noreste	890-5778	4,887m	4,883m	-0,004m
Sureste	1049-1044	4,585m	4,589m	+0,004m

Como podemos observar hemos obtenido unos errores que están alrededor de los **4mm**. Obtener, mediante el levantamiento y modelado tridimensional de un edificio por fotogrametría convergente de bajo coste, unos resultados con un error medio inferior a 5 mm, lo consideraremos un resultado bastante bueno.

En cuanto al modelado estamos contentos puesto que no solo se ha conseguido modelar el cerramiento sino que también se ha conseguido modelar la cubierta y el patio interior del Monasterio de las monjas Benedictinas.

Después, este modelo obtenido con precisión en **Photomodeler**, ha ido mejorándose sin alterar su superficie. Entre estas mejoras se pueden nombrar las siguientes:

- La depuración de errores en las **texturas** utilizando Photoshop, en la que se han conseguido eliminar diferentes objetos que estropeaban la visión del edificio como coches, árboles, etc.

- La obtención del **modelo digital de elevación** del terreno colindante a partir de la cartografía de Google usando el programa SketchUp. con esto hemos podido dotar a nuestro modelo de un entorno realista.

- La adición de varios **objetos** como lámparas, barandillas y otros objetos, creados con el software **3dsMax**, que le han dado mayor realismo al modelo.

- La inclusión, en el entorno de 3dsMax, de **iluminación realista** con la que se puede simular distintos momentos del día, incluso simulamos la iluminación nocturna con las farolas.

### 6.3 Resultados de la prueba con 123D Catch

Como ya dije en el capítulo 4, realicé una prueba con 123D Catch. El resultado de la segunda prueba, la cual se centraba en la puerta de la iglesia y que le había dedicado dos minutos, se puede ver a continuación.



FIG 6.02- Modelo creado por 123D Catch

Como se pueden ver las imágenes, el modelado tridimensional es fantástico por el tiempo empleado, pero no válido para un proyecto técnico. Prácticamente el modelo carece de aristas y es una malla deformada. Sin embargo, 123D Catch es una herramienta sorprendente para tener en cuenta en el futuro.

## 6.4 Vistas finales del modelo



FIG 6.03- Vista frontal



FIG 6.04- Vista lateral Monasterio



FIG 6.05- Vista trasera



**FIG 6.06- Vista lateral Santuario**



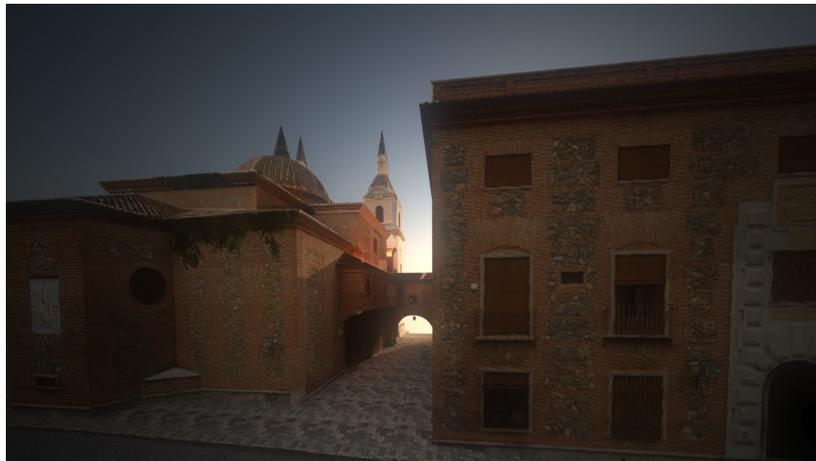
**FIG 6.07- Vista aérea**



**FIG 6.08- Vista aérea nocturna**



**FIG 6.09- Iluminación nocturna**



**FIG 6.10- Simulación del amanecer**



**FIG 6.11- Vista cenital de la cubierta**



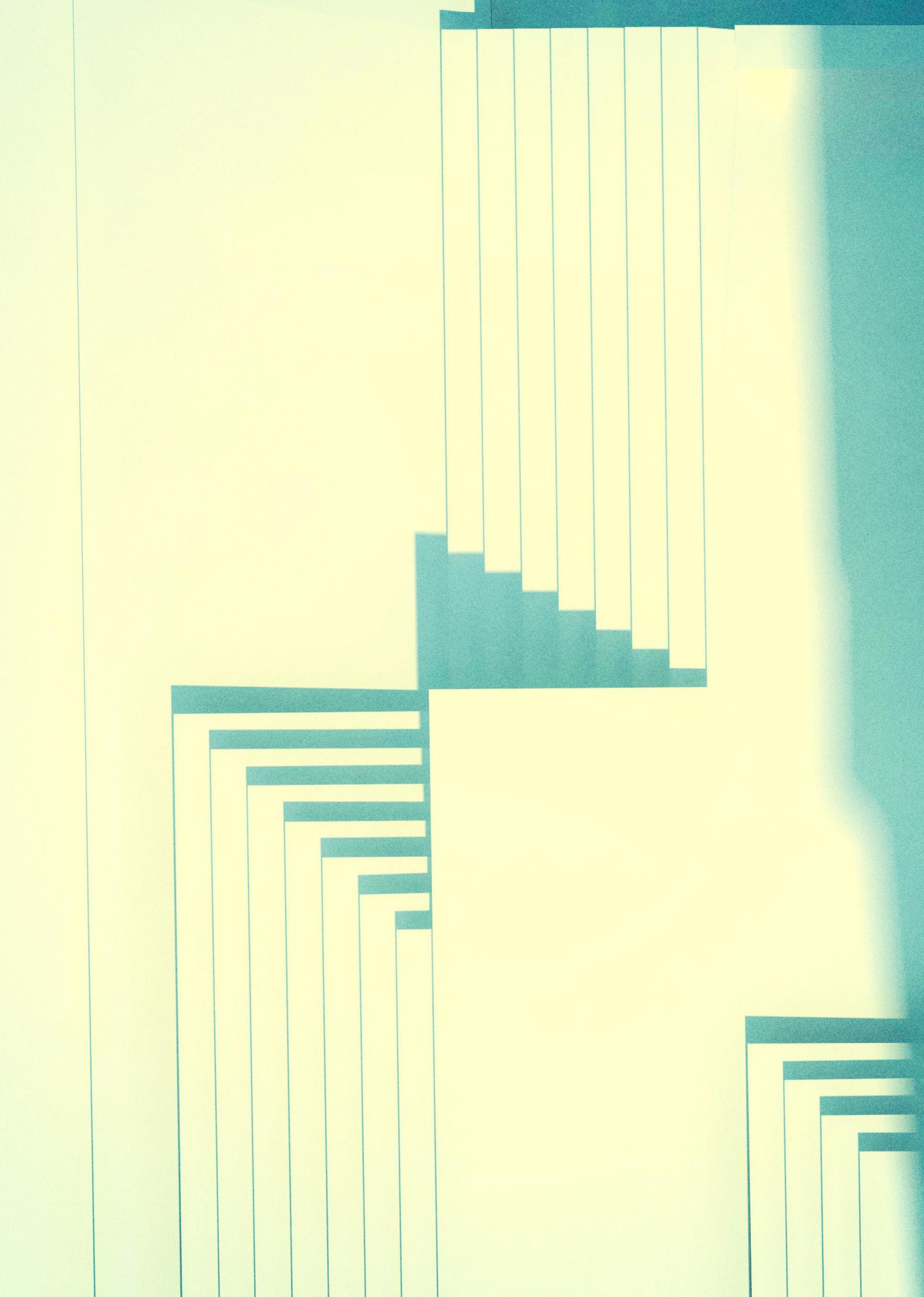
**FIG 6.12- Detalle lámpara de pared**



**FIG 6.13- Fachada Iglesia de día**



**FIG 6.14- Fachada Iglesia atardeciendo**



# 7. Conclusiones

## 7.1 Conclusiones

El principal objetivo del presente proyecto lo hemos cumplido al realizar el levantamiento y el modelado del Santuario sin disponer de equipo profesional y a un coste muy bajo.

Hemos realizado satisfactoriamente la orientación interna de nuestra cámara con cinco distancias focales diferentes, lo cual nos dió más facilidad y precisión a la hora de realizar las tomas fotográficas del edificio.

Hemos cumplido con las exigencias de calidad que nos impone el programa Photomodeler al realizar la orientación relativa de nuestro modelo, manteniendo el RMS(Valor Residual Máximo) de todos nuestros puntos homólogos por debajo de los 5 píxeles.

En la orientación absoluta hemos obtenido un error medio de 4,3cm, pero como ya hemos advertido en el capítulo anterior, el error para los puntos que realmente han sido usados en el modelo ha sido mucho menor. Reafirmando lo dicho, al comparar las medidas reales con las del modelo hemos obtenido un error que ronda los 3 milímetros, lo cual es un resultado de alta precisión.

Este proyecto se inició con el conocimiento de la complejidad de la estructura del Santuario pero, una vez terminado el modelo, podemos decir que se ha conseguido que el modelo tridimensional refleje con fidelidad su arquitectura al haber realizado apropiadamente, no solo las fachadas de los dos bloques, si no también la cubierta de la Iglesia, el patio interior del Monasterio, las escaleras de acceso y el empedrado que rodea a ambos edificios.

El texturizado proporcionado por Photomodeler ha sido rectificado y corregido con Photoshop, por lo que hemos conseguido texturas sin casi objetos molestos. Además, hemos mejorado la presentación del modelo creando pequeños objetos, agregándole el modelo de elevación del terreno de su entorno y añadiendo un sistema de iluminación.

Las imágenes y vídeos creados del modelo muestran su buen acabado.

## 7.2 Líneas futuras

Hoy en día, sigue siendo aconsejable el método de trabajo descrito en este proyecto. Sin embargo, debido a los grandes avances tecnológicos y, sobre todo, informáticos, no se puede saber cuánto tiempo puede seguir siendo el más idóneo.

Estamos en un momento en el que los escáneres láser están bajando sus precios debido al aumento de demanda aunque, por ahora, siguen siendo caros. Por otro lado tenemos la lucha de softwares, en la que cada vez más se apuesta por un levantamiento totalmente automatizado en el que lo único que aportaremos nosotros serán las fotografías. En este momento Autodesk apuesta fuerte con su programa 123D Catch en el levantamiento automatizado, con el que hemos realizado una prueba explicada en el capítulo 4 y cuyos resultados han sido muy pobres. Así que, en un futuro próximo, se recomienda estudiar el trabajo a realizar y sondear el mercado para averiguar cuál es la mejor solución.

También hay que destacar la increíble evolución de los smartphones en los últimos años, cuyo hardware comienza a superar a muchos de los ordenadores de sobremesa existentes. Este aumento de potencia en los móviles, junto con la mejora paulatina de sus lentes para la realización de fotografías y la mejora de la red móvil inalámbrica, hacen de este objeto el instrumento del futuro. Hoy en día ya se puede encontrar para smartphones aplicaciones fotogramétricas, como la mencionada anteriormente 123D Catch. Sin duda, el futuro de la fotogrametría arquitectónica y del registro del patrimonio por las masas vendrá de la mano de los smartphones.

### 7.3 Utilización profesional de los conocimientos adquiridos.

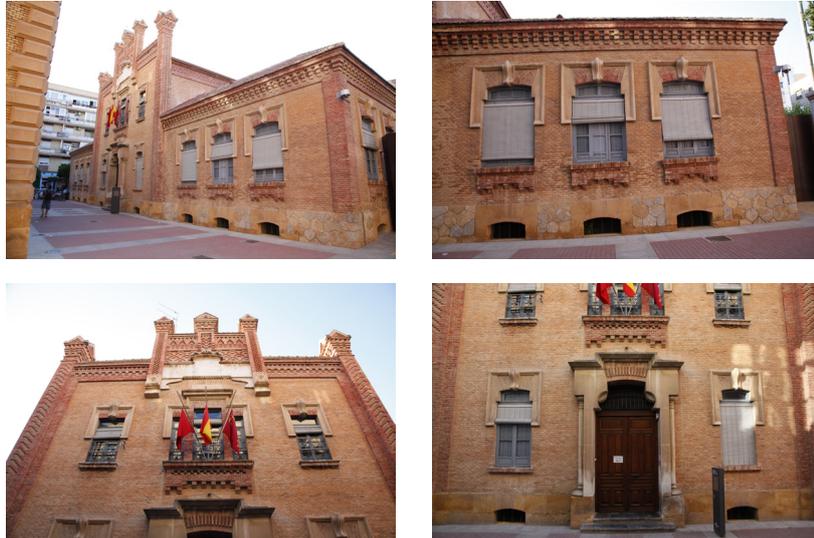
El colegio público Andrés Baquero de Murcia quería poner una placa en su fachada utilizando alguna fotografía que se hiciese al colegio, así que contactaron con nosotros para realizarla. Cuando llegamos a la fachada principal del colegio observamos que media 34 metros de largo y tan solo teníamos 5 metros de separación con respecto a la fachada de enfrente. La idea de realizar una foto frontal que englobase la fachada por completo se antojaba difícil. Probamos a usar gran angulares para hacer la toma, pero no conseguíamos coger toda la fachada, y la distorsión era muy grande.



FIG 7.01- Fachada Colegio Andrés Baquero

En este momento estaba a mitad del proceso de calibración de orientación relativa en mi Proyecto Final de Carrera. Así que decidí utilizar los conocimientos adquiridos en fotogrametría y aprovechar que ya tenía calibradas mis lentes.

Muestro a continuación algunas de las fotografías que use en el proyecto de Photomodeler.



**FIG 7.02- Algunas de las fotografías usadas en el proyecto de Photomodeler**

A continuación muestro el resultado final.



**FIG 7.03- Placa final con la imagen restituida**

Como se puede ver, he aprovechado los conocimientos adquiridos en este proyecto para usarlo en mi ámbito profesional.





---

# Listado de figuras

FIG 1.01- Santuario de la Fuensanta .....	16
FIG 1.02- La Fuensanta en la pedanía murciana de Algezares .....	18
FIG 1.03- Ortofoto del lugar del Santuario.....	18
FIG 1.05- Casa del Cabildo .....	19
FIG 1.04- Fachadas de los edificios .....	19
FIG 1.06- Frontal del Santuario.....	20
FIG 1.07- Detalle cruz.....	20
FIG 1.08- Fachadas del Monasterio de las Benedictinas .....	21
FIG 1.09- Información catastral .....	23
FIG 1.10- Corte en el terreno nº1. Sentido del corte de Sur a Norte ....	24
FIG 1.11- Perfil longitudinal del corte nº1 .....	24
FIG 1.12- Corte en el terreno nº2. Sentido del corte de Oeste a Este .	25
FIG 1.13- Perfil longitudinal del corte nº2 .....	25
FIG 2.01- Johann Heinrich Lambert.....	29
FIG 2.02- Antigua cámara fotogramétrica de mano Wild .....	30
FIG 2.03- Evolución informática en la fotogrametría.....	36
FIG 2.04- Haz perspectivo .....	38
FIG 2.05- Orientación interna .....	38
FIG 2.06- Orientación externa.....	39
FIG 2.07- Identificación de rayos homólogos .....	40
FIG 2.08- Efecto de una escasa.....	42
profundidad de campo.....	42
FIG 2.09- Representación cromática en función de los grados Kelvin .....	43
FIG 2.10- Sensor CCD .....	44
FIG 3.01- La versión utilizada es: 2012.2.1.779.....	47
FIG 3.02- Photoshop CC.....	48
FIG 3.03- SketchUp Pro 2013.....	48
FIG 3.04- Vista frontal y trasera de la Canon 5D MarkII.....	49
FIG 3.05- Objetivo Canon EF 50mm .....	56
FIG 3.06- Objetivo Canon EF 70-200mm .....	57
FIG 3.07- Objetivo Canon EF 24-105mm.....	58
FIG 4.01- Retícula de calibración .....	62
FIG 4.02- Fotos usadas en la calibración del 50mm.....	63
FIG 4.03- Fotos usadas en la calibración de la focal 70mm .....	65
FIG 4.04- Fotos usadas en la calibración de la focal 200mm .....	67

---

FIG 4.05- Fotos usadas en la calibración de la focal 24mm .....	69
FIG 4.06- Fotos usadas en la calibración de la focal 105mm .....	71
FIG 4.07- Fachada Noroeste.....	72
FIG 4.08- Fachada Suroeste .....	73
FIG 4.09- Fachada Sureste .....	73
FIG 4.10- Fachada Noreste .....	74
FIG 4.11- Pasillo .....	74
FIG 4.12- Cubierta .....	75
FIG 4.13- Situación de la cámara en las tomas más cercanas.....	76
FIG 4.14 - Situación de las cámaras en las tomas distantes.....	76
FIG 4.15- Nuevo proyecto en Photomodeler.....	77
FIG 4.16- Primeras fotografías incluidas en el proyecto.....	78
FIG 4.17- Herramienta “Referencing Mode”.....	78
FIG 4.18 Primeros punto y líneas en el proyecto.....	79
FIG 4.19- Fachada Sur .....	79
FIG 4.21- Herramienta Curve Through Points.....	80
FIG 4.20- El arco.....	80
FIG 4.22- Ventana “Point table - Quality” .....	81
FIG 4.23- Puntos marcados en la entrada al Monasterio .....	82
FIG 4.24- Un proyecto extenso requiere desactivar.....	83
el procesado automático .....	83
FIG 4.25- Referenciando la escalera .....	83
FIG 4.26- Cubierta casi terminada .....	84
FIG 4.27- Primeras superficies .....	85
FIG 4.28- En verde las líneas y puntos obtenidos por “Mark Surface Points” .....	86
FIG 4.29- Cubierta del monasterio cerrada .....	86
FIG 4.30- Cubierta del monasterio con el patio interior creado .....	87
FIG 4.31- Final del modelado utilizando Photomodeler .....	87
FIG 4.32- Modelo con texturas rápidas .....	88
FIG 4.33- Modelo con texturas de calidad.....	88
FIG 4.34- Mapa de texturas .....	89
FIG 4.35- External Geometry Explorer .....	90
FIG 4.36- Ventana de “External Geometry Explorer”. .....	90
FIG 4.37- External Geometry Explorer .....	91
FIG 4.38- Ventana para establecer una distancia para la escala .....	91
FIG 4.39- Vista frontal .....	92
FIG 4.40- Vista trasera .....	92
FIG 4.41- Vista lateral Santuario.....	93
FIG 4.42- Vista lateral Monasterio .....	93
FIG 4.43- Vista cenital .....	93
FIG 4.44- 123D Catch.....	94

---

FIG 5.01- Aparece un coche en la textura .....	97
FIG 5.02- Fotografía utilizada para eliminar el coche de la textura...	98
FIG 5.03- Photoshop detecta y corrige la distorsión de la lente.....	98
FIG 5.04- La capa de la textura original y la nueva.....	99
FIG 5.05- Ya no hay coche .....	99
FIG 5.06- Texturas creadas por Photomodeler y corregidas .....	100
FIG 5.07- Botón añadir localización.....	101
FIG 5.08- Acotar la región final.....	101
FIG 5.09- Imagen plana.....	102
FIG 5.10- Botón Cambiar terreno .....	102
FIG 5.11- Ortofoto tridimensional.....	102
FIG 5.12- Lámpara original .....	103
FIG 5.13- Lámpara creada.....	103
FIG 5.14- Lámpara de techo original .....	104
FIG 5.15- Lámpara de techo creada .....	104
FIG 5.16- Cruz original .....	104
FIG 5.17- Cruz creada .....	105
FIG 5.18- Barandillas.....	105
FIG 5.19- Barandilla creada.....	105
FIG 6.01- Posición relativa de la cámara con respecto a la retícula	108
FIG 6.02- Modelo creado por 123D Catch.....	113
FIG 6.03- Vista frontal .....	114
FIG 6.04- Vista lateral Monasterio .....	114
FIG 6.05- Vista trasera .....	114
FIG 6.06- Vista lateral Santuario .....	115
FIG 6.07- Vista aérea .....	115
FIG 6.08- Vista aérea nocturna.....	115
FIG 6.09- Iluminación nocturna .....	116
FIG 6.10- Simulación del amanecer.....	116
FIG 6.11- Vista cenital de la cubierta.....	116
FIG 6.12- Detalle lámpara de pared .....	117
FIG 6.13- Fachada Iglesia de día.....	117
FIG 6.14- Fachada Iglesia atardeciendo.....	117
FIG 7.01- Fachada Colegio Andrés Baquero .....	121
FIG 7.02- Algunas de las fotografías usadas en el proyecto de Photomodeler.....	122
FIG 7.03- Placa final con la imagen restituida.....	122
ANEXO I- 50 primeras fotografías del proyecto .....	136
ANEXO I- Últimas 42 fotografías del proyecto .....	137

---

---

# Bibliografía

**José Luis Lerma García.** *Fotogrametría moderna: Analítica y digital.* Editorial universitat politècnica de València.

**Luis Jauregui.** *Apuntes.* Universidad de los Andes.

**José Ballester.** *La Virgen de la Fuensanta y su santuario del monte.* 1972

**Andrés de Sales Ferri.** *Santuarios marianos de Valencia y Murcia.* Ediciones Encuentro.

**Antonio Almagro Gorbea.** *Levantamiento Arquitectónico.* Universidad de Granada.

**Juan Antonio Pérez Álvarez.** *Apuntes de Fotogrametría 2 y 3.* Universidad de Extremadura.

**Diego González Aguilera.** *Apuntes de Máster de Geotecnologías Cartográficas en Ingeniería y Arquitectura.* Universidad de Salamanca.

<http://www.geodetic.com>

<http://cartomur.imida.es/visorcartoteca/>

<http://cuadernodegeologo.wikispaces.com>

<http://www.isprs.org/>

<http://cipa.icomos.org/>

<http://www.asprs.org/>

<http://geofumadas.com/photodeler-midiendo-y-modelando-el-mundo-real/>

<http://www.photodeler.com>

<http://iderm.imida.es/cartomur/>

---

<http://iderm.imida.es/iderm/lidarmur/>

<https://www1.sedecatastro.gob.es/OVCFrames.aspx?TIPO=-CONSULTA>

[http://www.canon.es/For\\_Home/Product\\_Finder/Cameras/Digital\\_SLR/EOS\\_5D\\_Mark\\_II/](http://www.canon.es/For_Home/Product_Finder/Cameras/Digital_SLR/EOS_5D_Mark_II/)



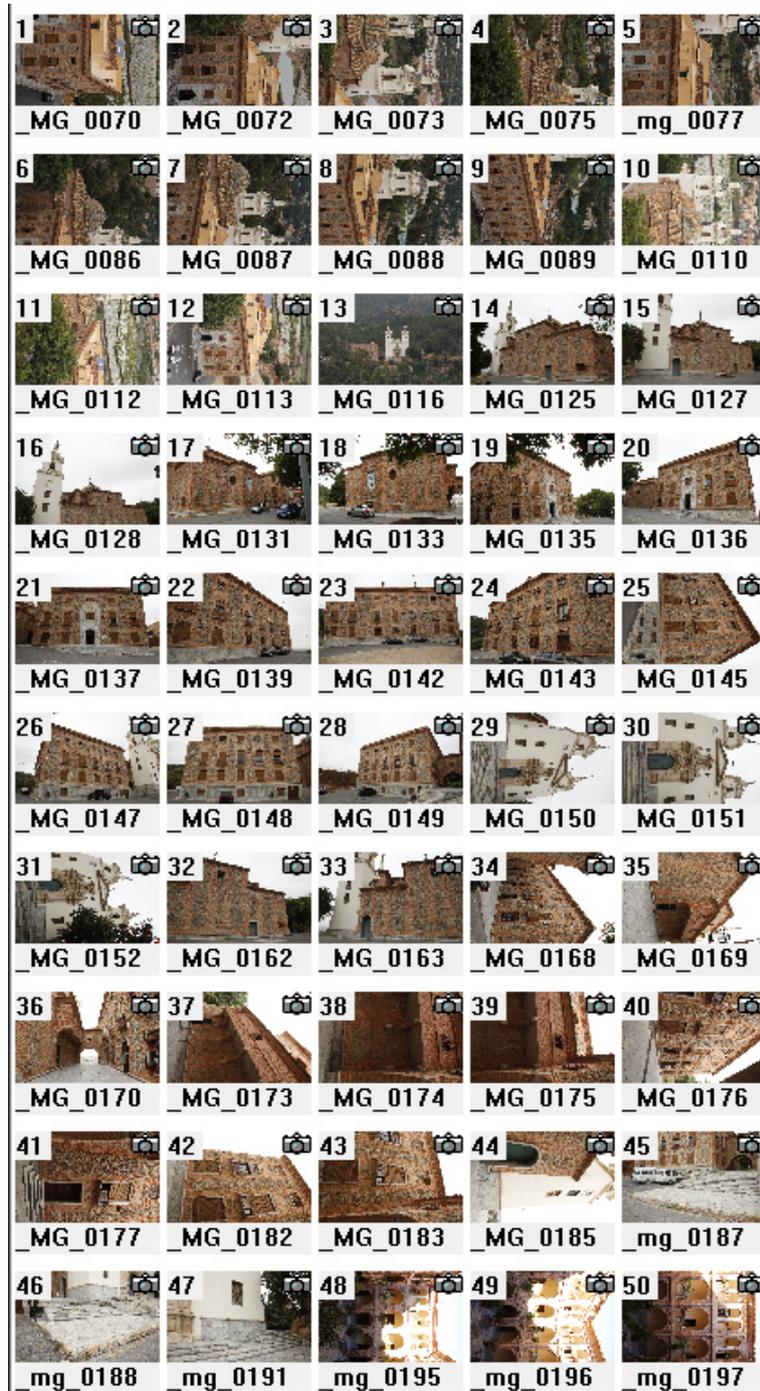


# ANEXOS



## **ANEXO I - FOTOGRAFÍAS UTILIZADAS**

Finalmente usé 92 fotografías de las 353 que se hicieron, las miniaturas de las fotos utilizadas para la realización del levantamiento y del modelo se pueden ver a continuación:



ANEXO I- 50 primeras fotografías del proyecto



ANEXO I- Últimas 42 fotografías del proyecto



**ANEXO II - RESULTADOS ORIENTACIÓN  
RELATIVA TOMAS CONVERGENTES**

Photo 1: _MG_0070.JPG		
Omega	Value	-25.164361 deg
	Deviation	0.040 deg
Phi	Value	55.228525 deg
	Deviation	0.028 deg
Kappa	Value	87.985466 deg
	Deviation	0.040 deg
Xc	Value	9.654099
	Deviation	0.010
Yc	Value	1.768646
	Deviation	0.004
Zc	Value	3.147368
	Deviation	0.006

Photo 2: _MG_0072.JPG		
Omega	Value	-25.257244 deg
	Deviation	0.043 deg
Phi	Value	61.303443 deg
	Deviation	0.021 deg
Kappa	Value	89.862646 deg
	Deviation	0.039 deg
Xc	Value	9.657564
	Deviation	0.007
Yc	Value	1.751050
	Deviation	0.003
Zc	Value	3.135293
	Deviation	0.005

Photo 3: _MG_0073.JPG		
Omega	Value	-14.658347 deg
	Deviation	0.044 deg
	Correlations over 95.0%	Kappa:-96.3%
Phi	Value	64.210813 deg
	Deviation	0.020 deg

Kappa	Value	81.248997 deg
	Deviation	0.043 deg
	Correlations over 95.0%	Omega:-96.3%
Xc	Value	9.672537
	Deviation	0.008
Yc	Value	1.754058
	Deviation	0.003
Zc	Value	3.141775
	Deviation	0.005

Photo 4: \_MG\_0075.JPG

Omega	Value	-18.874827 deg
	Deviation	0.085 deg
Phi	Value	70.027217 deg
	Deviation	0.026 deg
Kappa	Value	86.054462 deg
	Deviation	0.072 deg
Xc	Value	9.646493
	Deviation	0.011
Yc	Value	1.750741
	Deviation	0.004
Zc	Value	3.142615
	Deviation	0.006

Photo 5: \_mg\_0077.jpg

Omega	Value	-18.786211 deg
	Deviation	0.068 deg
	Correlations over 95.0%	Kappa:-95.3%
Phi	Value	64.926328 deg
	Deviation	0.023 deg
Kappa	Value	84.926670 deg
	Deviation	0.068 deg
	Correlations over 95.0%	Omega:-95.3%
Xc	Value	9.673981
	Deviation	0.013

Yc	Value	1.160740
	Deviation	0.004
Zc	Value	2.262454
	Deviation	0.006

Photo 6: \_MG\_0086.JPG

Omega	Value	-55.301462 deg
	Deviation	0.262 deg
	Correlations over 95.0%	Kappa:-99.8%
Phi	Value	94.829351 deg
	Deviation	0.020 deg
Kappa	Value	127.005068 deg
	Deviation	0.266 deg
	Correlations over 95.0%	Omega:-99.8%
Xc	Value	13.133544
	Deviation	0.013
Yc	Value	-0.279564
	Deviation	0.004
Zc	Value	-1.049798
	Deviation	0.004

Photo 7: \_MG\_0087.JPG

Omega	Value	-1708.762599 deg
	Deviation	0.266 deg
	Correlations over 95.0%	Kappa:-99.9%
Phi	Value	86.388284 deg
	Deviation	0.019 deg
Kappa	Value	1779.597895 deg
	Deviation	0.269 deg
	Correlations over 95.0%	Omega:-99.9%
Xc	Value	13.154259
	Deviation	0.011
Yc	Value	-0.282211
	Deviation	0.003

Zc	Value	-1.049424
	Deviation	0.003
Photo 8: _MG_0088.JPG		
Omega	Value	208.829154 deg
	Deviation	0.249 deg
	Correlations over 95.0%	Kappa:-99.9%
Phi	Value	94.222437 deg
	Deviation	0.019 deg
Kappa	Value	-138.223473 deg
	Deviation	0.253 deg
	Correlations over 95.0%	Omega:-99.9%
Xc	Value	13.144531
	Deviation	0.012
Yc	Value	-0.283392
	Deviation	0.003
Zc	Value	-1.053755
	Deviation	0.003
Photo 9: _MG_0089.JPG		
Omega	Value	-3.025587 deg
	Deviation	0.303 deg
	Correlations over 95.0%	Kappa:-99.9%
Phi	Value	84.230410 deg
	Deviation	0.022 deg
Kappa	Value	73.859676 deg
	Deviation	0.313 deg
	Correlations over 95.0%	Omega:-99.9%
Xc	Value	13.190765
	Deviation	0.015
Yc	Value	-0.281470
	Deviation	0.005
Zc	Value	-1.056605
	Deviation	0.004

Photo 10: _MG_0110.JPG		
Omega	Value	-23.995520 deg
	Deviation	0.024 deg
Phi	Value	33.404249 deg
	Deviation	0.024 deg
Kappa	Value	83.918185 deg
	Deviation	0.015 deg
Xc	Value	7.175451
	Deviation	0.008
Yc	Value	5.185236
	Deviation	0.006
Zc	Value	9.357382
	Deviation	0.010
Photo 11: _MG_0112.JPG		
Omega	Value	-26.124117 deg
	Deviation	0.025 deg
Phi	Value	27.479924 deg
	Deviation	0.024 deg
Kappa	Value	84.125133 deg
	Deviation	0.019 deg
Xc	Value	7.160058
	Deviation	0.008
Yc	Value	5.192510
	Deviation	0.007
Zc	Value	9.344082
	Deviation	0.012
Photo 12: _MG_0113.JPG		
Omega	Value	-27.907578 deg
	Deviation	0.028 deg
Phi	Value	22.959610 deg
	Deviation	0.028 deg
Kappa	Value	84.619195 deg
	Deviation	0.021 deg
Xc	Value	7.168795
	Deviation	0.009

Yc	Value	5.217278
	Deviation	0.008
Zc	Value	9.377299
	Deviation	0.014

Photo 13: \_MG\_0116.JPG

Omega	Value	162.169110 deg
	Deviation	0.054 deg
Phi	Value	-44.839657 deg
	Deviation	0.045 deg
Kappa	Value	187.634567 deg
	Deviation	0.040 deg
Xc	Value	-28.683178
	Deviation	0.036
Yc	Value	-8.443530
	Deviation	0.028
Zc	Value	-28.672123
	Deviation	0.036

Photo 14: \_MG\_0125.JPG

Omega	Value	-2.935092 deg
	Deviation	0.055 deg
Phi	Value	-9.387468 deg
	Deviation	0.075 deg
Kappa	Value	-7.582557 deg
	Deviation	0.016 deg
Xc	Value	-0.181058
	Deviation	9.8e-004
Yc	Value	0.433827
	Deviation	5.9e-004
Zc	Value	1.424064
	Deviation	0.002

Photo 15: \_MG\_0127.JPG

Omega	Value	-1.294151 deg
	Deviation	0.201 deg
	Correlations over 95.0%	Kappa:99.2%

Phi	Value	-69.211442 deg
	Deviation	0.112 deg
Kappa	Value	13.154232 deg
	Deviation	0.185 deg
	Correlations over 95.0%	Omega:99.2%
Xc	Value	-1.857513
	Deviation	0.004
Yc	Value	0.307554
	Deviation	0.001
Zc	Value	0.124007
	Deviation	0.002

Photo 16: \_MG\_0128.JPG

Omega	Value	32.589857 deg
	Deviation	0.212 deg
	Correlations over 95.0%	Kappa:98.6%
Phi	Value	-63.158479 deg
	Deviation	0.115 deg
Kappa	Value	41.722686 deg
	Deviation	0.206 deg
	Correlations over 95.0%	Omega:98.6%
Xc	Value	-1.873376
	Deviation	0.003
Yc	Value	0.310555
	Deviation	0.001
Zc	Value	0.130729
	Deviation	0.002

Photo 17: \_MG\_0131.JPG

Omega	Value	-6.268788 deg
	Deviation	0.079 deg
Phi	Value	-3.669971 deg
	Deviation	0.132 deg
Kappa	Value	-11.032835 deg
	Deviation	0.020 deg

Xc	Value	0.767281
	Deviation	0.001
Yc	Value	0.252825
	Deviation	7.3e-004
Zc	Value	1.421220
	Deviation	0.002

Photo 18: \_MG\_0133.JPG

Omega	Value	36.756195 deg
	Deviation	0.226 deg
	Correlations over 95.0%	Kappa:-99.7%
Phi	Value	66.020527 deg
	Deviation	0.092 deg
Kappa	Value	-56.542715 deg
	Deviation	0.205 deg
	Correlations over 95.0%	Omega:-99.7%
Xc	Value	1.823839
	Deviation	0.002
Yc	Value	-0.237640
	Deviation	6.0e-004
Zc	Value	0.411919
	Deviation	0.001

Photo 19: \_MG\_0135.JPG

Omega	Value	-2.965439 deg
	Deviation	0.079 deg
Phi	Value	-8.149934 deg
	Deviation	0.100 deg
Kappa	Value	-12.379691 deg
	Deviation	0.020 deg
Xc	Value	1.873709
	Deviation	8.5e-004
Yc	Value	-0.298726
	Deviation	6.5e-004
Zc	Value	0.420168
	Deviation	0.001

Photo 20: _MG_0136.JPG		
Omega	Value	51.223216 deg
	Deviation	0.143 deg
	Correlations over 95.0%	Kappa:-99.4%
Phi	Value	59.586673 deg
	Deviation	0.062 deg
Kappa	Value	-67.309559 deg
	Deviation	0.129 deg
	Correlations over 95.0%	Omega:-99.4%
Xc	Value	3.266408
	Deviation	0.002
Yc	Value	-1.025390
	Deviation	7.6e-004
Zc	Value	-0.482767
	Deviation	9.6e-004
Photo 21: _MG_0137.JPG		
Omega	Value	10.399034 deg
	Deviation	0.090 deg
	Correlations over 95.0%	Kappa:-97.1%
Phi	Value	40.725001 deg
	Deviation	0.076 deg
Kappa	Value	-27.590330 deg
	Deviation	0.061 deg
	Correlations over 95.0%	Omega:-97.1%
Xc	Value	2.876338
	Deviation	0.002
Yc	Value	-0.700132
	Deviation	0.001
Zc	Value	0.090983
	Deviation	0.003
Photo 22: _MG_0139.JPG		

Omega	Value	75.688281 deg
	Deviation	0.368 deg
	Correlations over 95.0%	Kappa:-99.6%
Phi	Value	62.884438 deg
	Deviation	0.069 deg
Kappa	Value	-94.962370 deg
	Deviation	0.348 deg
	Correlations over 95.0%	Omega:-99.6%
Xc	Value	2.975177
	Deviation	0.002
Yc	Value	-1.303285
	Deviation	0.001
Zc	Value	-1.574878
	Deviation	0.002

Photo 23: \_MG\_0142.JPG

Omega	Value	139.983433 deg
	Deviation	0.090 deg
	Correlations over 95.0%	Kappa:-98.0%
Phi	Value	45.204087 deg
	Deviation	0.091 deg
Kappa	Value	-159.286962 deg
	Deviation	0.063 deg
	Correlations over 95.0%	Omega:-98.0%
Xc	Value	2.878165
	Deviation	0.005
Yc	Value	-1.570933
	Deviation	0.003
Zc	Value	-2.658957
	Deviation	0.003

Photo 24: \_MG\_0143.JPG

Omega	Value	142.205883 deg
	Deviation	0.122 deg

Phi	Value	2.571680 deg
	Deviation	0.136 deg
Kappa	Value	-166.377026 deg
	Deviation	0.070 deg
Xc	Value	1.829280
	Deviation	0.003
Yc	Value	-1.402968
	Deviation	0.002
Zc	Value	-2.609456
	Deviation	0.003

Photo 25: \_MG\_0145.JPG

Omega	Value	142.830251 deg
	Deviation	0.140 deg
Phi	Value	3.544448 deg
	Deviation	0.082 deg
Kappa	Value	-78.290120 deg
	Deviation	0.027 deg
Xc	Value	1.300047
	Deviation	0.001
Yc	Value	-1.464153
	Deviation	0.001
Zc	Value	-3.077957
	Deviation	0.002

Photo 26: \_MG\_0147.JPG

Omega	Value	139.595098 deg
	Deviation	0.050 deg
Phi	Value	-17.073935 deg
	Deviation	0.073 deg
Kappa	Value	182.377407 deg
	Deviation	0.015 deg
Xc	Value	0.354622
	Deviation	9.6e-004
Yc	Value	-1.589487
	Deviation	9.7e-004
Zc	Value	-3.305079
	Deviation	0.001

Photo 27: _MG_0148.JPG		
Omega	Value	146.762753 deg
	Deviation	0.091 deg
	Correlations over 95.0%	Kappa:98.1%
Phi	Value	-48.135971 deg
	Deviation	0.077 deg
Kappa	Value	176.144628 deg
	Deviation	0.067 deg
	Correlations over 95.0%	Omega:98.1%
Xc	Value	-0.208307
	Deviation	0.001
Yc	Value	-1.194475
	Deviation	0.001
Zc	Value	-2.866841
	Deviation	0.002
Photo 28: _MG_0149.JPG		
Omega	Value	125.291823 deg
	Deviation	0.465 deg
	Correlations over 95.0%	Kappa:99.9%
Phi	Value	-80.460213 deg
	Deviation	0.094 deg
Kappa	Value	148.447992 deg
	Deviation	0.454 deg
	Correlations over 95.0%	Omega:99.9%
Xc	Value	-0.898268
	Deviation	0.001
Yc	Value	-0.862854
	Deviation	5.3e-004
Zc	Value	-2.301702
	Deviation	9.6e-004
Photo 29: _MG_0150.JPG		

Omega	Value	137.000636 deg
	Deviation	0.075 deg
Phi	Value	-16.745178 deg
	Deviation	0.051 deg
Kappa	Value	-85.813131 deg
	Deviation	0.026 deg
Xc	Value	-0.841158
	Deviation	6.4e-004
Yc	Value	-0.882954
	Deviation	4.9e-004
Zc	Value	-2.351431
	Deviation	8.7e-004

Photo 30: \_MG\_0151.JPG

Omega	Value	135.130504 deg
	Deviation	0.140 deg
	Correlations over 95.0%	Kappa:99.1%
Phi	Value	-46.019343 deg
	Deviation	0.062 deg
Kappa	Value	-100.940285 deg
	Deviation	0.102 deg
	Correlations over 95.0%	Omega:99.1%
Xc	Value	-1.429817
	Deviation	0.002
Yc	Value	-0.575029
	Deviation	0.002
Zc	Value	-1.890022
	Deviation	0.001

Photo 31: \_MG\_0152.JPG

Omega	Value	121.010613 deg
	Deviation	0.198 deg
	Correlations over 95.0%	Kappa:99.1%
Phi	Value	-57.877341 deg
	Deviation	0.085 deg

Kappa	Value	-118.611525 deg
	Deviation	0.166 deg
	Correlations over 95.0%	Omega:99.1%
Xc	Value	-1.797647
	Deviation	0.002
Yc	Value	-0.430310
	Deviation	0.002
Zc	Value	-1.590523
	Deviation	0.001

Photo 32: \_MG\_0162.JPG

Omega	Value	0.466643 deg
	Deviation	0.216 deg
	Correlations over 95.0%	Kappa:98.9%
Phi	Value	-67.569078 deg
	Deviation	0.140 deg
Kappa	Value	13.292371 deg
	Deviation	0.194 deg
	Correlations over 95.0%	Omega:98.9%
Xc	Value	-1.015214
	Deviation	0.004
Yc	Value	0.268453
	Deviation	0.001
Zc	Value	0.476250
	Deviation	0.002

Photo 33: \_MG\_0163.JPG

Omega	Value	-5.439660 deg
	Deviation	0.078 deg
Phi	Value	-30.687614 deg
	Deviation	0.091 deg
Kappa	Value	-0.649301 deg
	Deviation	0.047 deg
Xc	Value	-1.016748
	Deviation	0.002

Yc	Value	0.271640
	Deviation	0.001
Zc	Value	0.468290
	Deviation	0.003

Photo 34: \_MG\_0168.JPG

Omega	Value	0.023526 deg
	Deviation	0.093 deg
Phi	Value	6.464566 deg
	Deviation	0.075 deg
Kappa	Value	79.361615 deg
	Deviation	0.019 deg
Xc	Value	1.511738
	Deviation	7.3e-004
Yc	Value	-0.251929
	Deviation	4.0e-004
Zc	Value	0.304286
	Deviation	9.3e-004

Photo 35: \_MG\_0169.JPG

Omega	Value	5093.076613 deg
	Deviation	0.210 deg
	Correlations over 95.0%	Kappa:-99.4%
Phi	Value	63.074204 deg
	Deviation	0.089 deg
Kappa	Value	-5021.654732 deg
	Deviation	0.193 deg
	Correlations over 95.0%	Omega:-99.4%
Xc	Value	1.690022
	Deviation	0.001
Yc	Value	-0.476282
	Deviation	5.1e-004
Zc	Value	-0.218137
	Deviation	8.9e-004

Photo 36: \_MG\_0170.JPG

Omega	Value	3.965826 deg
	Deviation	0.099 deg
	Correlations over 95.0%	Kappa:-96.8%
Phi	Value	43.829353 deg
	Deviation	0.083 deg
Kappa	Value	-23.782031 deg
	Deviation	0.071 deg
	Correlations over 95.0%	Omega:-96.8%
Xc	Value	1.563996
	Deviation	6.8e-004
Yc	Value	-0.410139
	Deviation	3.5e-004
Zc	Value	-0.095881
	Deviation	7.0e-004

Photo 37: \_MG\_0173.JPG

Omega	Value	141.976114 deg
	Deviation	0.141 deg
Phi	Value	-10.926335 deg
	Deviation	0.106 deg
Kappa	Value	-83.219295 deg
	Deviation	0.032 deg
Xc	Value	0.663705
	Deviation	7.0e-004
Yc	Value	-0.623218
	Deviation	5.9e-004
Zc	Value	-1.174701
	Deviation	6.8e-004

Photo 38: \_MG\_0174.JPG

Omega	Value	137.272084 deg
	Deviation	0.155 deg
Phi	Value	27.606549 deg
	Deviation	0.096 deg
Kappa	Value	-67.340434 deg
	Deviation	0.084 deg

Xc	Value	0.660077
	Deviation	5.2e-004
Yc	Value	-0.622708
	Deviation	7.8e-004
Zc	Value	-1.174115
	Deviation	5.5e-004

Photo 39: \_MG\_0175.JPG

Omega	Value	117.117893 deg
	Deviation	0.161 deg
Phi	Value	19.425091 deg
	Deviation	0.101 deg
Kappa	Value	-57.819566 deg
	Deviation	0.083 deg
Xc	Value	0.661920
	Deviation	4.8e-004
Yc	Value	-0.620891
	Deviation	7.7e-004
Zc	Value	-1.176922
	Deviation	5.3e-004

Photo 40: \_MG\_0176.JPG

Omega	Value	124.813321 deg
	Deviation	1.715 deg
	Correlations over 95.0%	Kappa:100.0%
Phi	Value	-82.454416 deg
	Deviation	0.100 deg
Kappa	Value	-121.859428 deg
	Deviation	1.720 deg
	Correlations over 95.0%	Omega:100.0%
Xc	Value	0.424954
	Deviation	0.002
Yc	Value	-0.500664
	Deviation	6.5e-004
Zc	Value	-0.946395
	Deviation	0.001

Photo 41: _MG_0177.JPG		
Omega	Value	-7.480460 deg
	Deviation	0.384 deg
	Correlations over 95.0%	Kappa:99.1%
Phi	Value	-58.085681 deg
	Deviation	0.139 deg
Kappa	Value	95.812758 deg
	Deviation	0.302 deg
	Correlations over 95.0%	Omega:99.1%
Xc	Value	0.415518
	Deviation	6.9e-004
Yc	Value	-0.499092
	Deviation	3.8e-004
Zc	Value	-0.945603
	Deviation	7.7e-004

Photo 42: _MG_0182.JPG		
Omega	Value	0.783619 deg
	Deviation	0.161 deg
Phi	Value	-10.718452 deg
	Deviation	0.186 deg
Kappa	Value	83.324684 deg
	Deviation	0.079 deg
Xc	Value	0.253011
	Deviation	0.001
Yc	Value	-0.521056
	Deviation	6.1e-004
Zc	Value	-1.108078
	Deviation	0.002

Photo 43: _MG_0183.JPG		
Omega	Value	11.194829 deg
	Deviation	0.177 deg
Phi	Value	-29.454076 deg
	Deviation	0.112 deg

Kappa	Value	98.723248 deg
	Deviation	0.113 deg
Xc	Value	0.251762
	Deviation	7.3e-004
Yc	Value	-0.521097
	Deviation	4.9e-004
Zc	Value	-1.104319
	Deviation	0.001

Photo 44: \_MG\_0185.JPG

Omega	Value	-2985.651282 deg
	Deviation	0.246 deg
	Correlations over 95.0%	Kappa:-99.1%
Phi	Value	122.360554 deg
	Deviation	0.162 deg
Kappa	Value	3059.008236 deg
	Deviation	0.240 deg
	Correlations over 95.0%	Omega:-99.1%
Xc	Value	0.493401
	Deviation	0.001
Yc	Value	-0.646196
	Deviation	7.5e-004
Zc	Value	-1.331158
	Deviation	0.001

Photo 45: \_mg\_0187.jpg

Omega	Value	-154.716573 deg
	Deviation	0.265 deg
	Correlations over 95.0%	Kappa:99.7%
Phi	Value	-71.569260 deg
	Deviation	0.085 deg
Kappa	Value	-133.701926 deg
	Deviation	0.252 deg
	Correlations over 95.0%	Omega:99.7%

Xc	Value	-0.827646
	Deviation	8.5e-004
Yc	Value	-0.821990
	Deviation	4.5e-004
Zc	Value	-2.076482
	Deviation	8.2e-004

Photo 46: \_mg\_0188.jpg

Omega	Value	171.275864 deg
	Deviation	0.072 deg
Phi	Value	-8.387988 deg
	Deviation	0.109 deg
Kappa	Value	-167.922674 deg
	Deviation	0.021 deg
Xc	Value	-0.444581
	Deviation	6.4e-004
Yc	Value	-0.995961
	Deviation	4.6e-004
Zc	Value	-2.327080
	Deviation	7.7e-004

Photo 47: \_mg\_0191.jpg

Omega	Value	-23.577648 deg
	Deviation	0.094 deg
Phi	Value	192.128304 deg
	Deviation	0.181 deg
Kappa	Value	8.452177 deg
	Deviation	0.051 deg
Xc	Value	-1.072014
	Deviation	6.2e-004
Yc	Value	-0.408622
	Deviation	6.1e-004
Zc	Value	-1.323293
	Deviation	0.002

Photo 48: \_mg\_0195.jpg

Omega	Value	-9.072595 deg
	Deviation	0.170 deg
	Correlations over 95.0%	Kappa:-95.6%
Phi	Value	45.615872 deg
	Deviation	0.091 deg
Kappa	Value	75.288222 deg
	Deviation	0.141 deg
	Correlations over 95.0%	Omega:-95.6%
Xc	Value	1.677721
	Deviation	0.001
Yc	Value	-0.552269
	Deviation	6.6e-004
Zc	Value	-1.250853
	Deviation	0.001

Photo 49: \_mg\_0196.jpg

Omega	Value	-18.634965 deg
	Deviation	0.123 deg
Phi	Value	-4.391684 deg
	Deviation	0.115 deg
Kappa	Value	80.249235 deg
	Deviation	0.053 deg
Xc	Value	1.251440
	Deviation	0.001
Yc	Value	-0.481158
	Deviation	8.8e-004
Zc	Value	-1.286088
	Deviation	0.002

Photo 50: \_mg\_0197.jpg

Omega	Value	-28.282121 deg
	Deviation	0.208 deg
	Correlations over 95.0%	Kappa:95.9%
Phi	Value	-43.468059 deg
	Deviation	0.199 deg

Kappa	Value	75.801708 deg
	Deviation	0.146 deg
	Correlations over 95.0%	Omega:95.9%
Xc	Value	1.265869
	Deviation	0.003
Yc	Value	-0.482589
	Deviation	0.002
Zc	Value	-1.289004
	Deviation	0.002

Photo 51: \_mg\_0198.jpg

Omega	Value	-49.594656 deg
	Deviation	0.391 deg
	Correlations over 95.0%	Kappa:99.4%
Phi	Value	-69.803683 deg
	Deviation	0.131 deg
Kappa	Value	57.879635 deg
	Deviation	0.366 deg
	Correlations over 95.0%	Omega:99.4%
Xc	Value	1.261701
	Deviation	0.001
Yc	Value	-0.477994
	Deviation	7.7e-004
Zc	Value	-1.271288
	Deviation	0.001

Photo 52: \_mg\_0199.jpg

Omega	Value	-171.810687 deg
	Deviation	0.426 deg
	Correlations over 95.0%	Kappa:99.1%
Phi	Value	-68.950214 deg
	Deviation	0.119 deg

Kappa	Value	-62.298515 deg
	Deviation	0.393 deg
	Correlations over 95.0%	Omega:99.1%
Xc	Value	1.120912
	Deviation	0.002
Yc	Value	-0.625820
	Deviation	9.4e-004
Zc	Value	-1.790209
	Deviation	0.002

Photo 53: \_mg\_0200.jpg

Omega	Value	171.916212 deg
	Deviation	0.168 deg
Phi	Value	-46.676356 deg
	Deviation	0.098 deg
Kappa	Value	-76.744971 deg
	Deviation	0.132 deg
Xc	Value	1.112144
	Deviation	0.002
Yc	Value	-0.621983
	Deviation	0.001
Zc	Value	-1.785057
	Deviation	0.002

Photo 54: \_mg\_0201.jpg

Omega	Value	165.353985 deg
	Deviation	0.144 deg
Phi	Value	-22.478420 deg
	Deviation	0.087 deg
Kappa	Value	-79.286859 deg
	Deviation	0.082 deg
Xc	Value	1.103902
	Deviation	0.001
Yc	Value	-0.622363
	Deviation	0.001
Zc	Value	-1.787754
	Deviation	0.001

Photo 55: _mg_0202.jpg		
Omega	Value	159.880860 deg
	Deviation	0.125 deg
Phi	Value	3.282282 deg
	Deviation	0.090 deg
Kappa	Value	-79.743558 deg
	Deviation	0.050 deg
Xc	Value	1.562144
	Deviation	0.001
Yc	Value	-0.696764
	Deviation	0.001
Zc	Value	-1.750213
	Deviation	0.001
Photo 56: _mg_0203.jpg		
Omega	Value	154.593493 deg
	Deviation	0.202 deg
	Correlations over 95.0%	Kappa:-97.1%
Phi	Value	39.335704 deg
	Deviation	0.099 deg
Kappa	Value	-78.493122 deg
	Deviation	0.129 deg
	Correlations over 95.0%	Omega:-97.1%
Xc	Value	1.545323
	Deviation	0.002
Yc	Value	-0.695981
	Deviation	0.002
Zc	Value	-1.758492
	Deviation	6.8e-004
Photo 57: _mg_0204.jpg		
Omega	Value	-1309.014913 deg
	Deviation	0.327 deg
	Correlations over 95.0%	Kappa:-99.2%

Phi	Value	69.940357 deg
	Deviation	0.096 deg
Kappa	Value	1382.021341 deg
	Deviation	0.297 deg
	Correlations over 95.0%	Omega:-99.2%
Xc	Value	1.546955
	Deviation	9.6e-004
Yc	Value	-0.701836
	Deviation	9.2e-004
Zc	Value	-1.768165
	Deviation	4.3e-004

Photo 58: \_MG\_0218.JPG

Omega	Value	-178.900095 deg
	Deviation	0.113 deg
	Correlations over 95.0%	Kappa:-98.7%
Phi	Value	52.542363 deg
	Deviation	0.098 deg
Kappa	Value	170.235501 deg
	Deviation	0.092 deg
	Correlations over 95.0%	Omega:-98.7%
Xc	Value	0.525761
	Deviation	6.9e-004
Yc	Value	-0.007687
	Deviation	3.6e-004
Zc	Value	-1.703064
	Deviation	6.9e-004

Photo 59: \_mg\_0219.jpg

Omega	Value	332.861539 deg
	Deviation	0.075 deg
Phi	Value	161.301578 deg
	Deviation	0.098 deg
Kappa	Value	9.808272 deg
	Deviation	0.031 deg

Xc	Value	0.536135
	Deviation	5.4e-004
Yc	Value	-0.004413
	Deviation	3.6e-004
Zc	Value	-1.712912
	Deviation	6.2e-004

Photo 60: \_mg\_0220.jpg

Omega	Value	173.646694 deg
	Deviation	0.068 deg
Phi	Value	-3.686353 deg
	Deviation	0.104 deg
Kappa	Value	-170.798559 deg
	Deviation	0.020 deg
Xc	Value	0.529787
	Deviation	5.1e-004
Yc	Value	-0.004459
	Deviation	3.4e-004
Zc	Value	-1.688312
	Deviation	7.7e-004

Photo 61: \_mg\_0221.jpg

Omega	Value	-147.810153 deg
	Deviation	0.141 deg
	Correlations over 95.0%	Kappa:-96.0%
Phi	Value	41.288458 deg
	Deviation	0.152 deg
Kappa	Value	152.116181 deg
	Deviation	0.092 deg
	Correlations over 95.0%	Omega:-96.0%
Xc	Value	0.516435
	Deviation	9.9e-004
Yc	Value	-0.017184
	Deviation	0.001
Zc	Value	-1.685741
	Deviation	9.9e-004

Photo 62: _mg_0222.jpg		
Omega	Value	86.602075 deg
	Deviation	0.176 deg
	Correlations over 95.0%	Kappa:-99.2%
Phi	Value	54.760375 deg
	Deviation	0.077 deg
Kappa	Value	-105.249596 deg
	Deviation	0.150 deg
	Correlations over 95.0%	Omega:-99.2%
Xc	Value	0.901432
	Deviation	0.002
Yc	Value	0.046253
	Deviation	8.8e-004
Zc	Value	-1.366657
	Deviation	6.2e-004
Photo 63: _mg_0226.jpg		
Omega	Value	-123.361554 deg
	Deviation	0.506 deg
	Correlations over 95.0%	Kappa:-99.9%
Phi	Value	77.866864 deg
	Deviation	0.097 deg
Kappa	Value	128.980647 deg
	Deviation	0.507 deg
	Correlations over 95.0%	Omega:-99.9%
Xc	Value	1.302693
	Deviation	0.001
Yc	Value	0.103391
	Deviation	3.5e-004
Zc	Value	-0.941657
	Deviation	4.8e-004
Photo 64: _mg_0229.jpg		

Omega	Value	-182.084705 deg
	Deviation	0.218 deg
	Correlations over 95.0%	Kappa:-99.6%
Phi	Value	68.985953 deg
	Deviation	0.107 deg
Kappa	Value	167.567808 deg
	Deviation	0.214 deg
	Correlations over 95.0%	Omega:-99.6%
Xc	Value	1.708000
	Deviation	0.001
Yc	Value	0.159866
	Deviation	5.0e-004
Zc	Value	-0.550373
	Deviation	6.5e-004

Photo 65: \_mg\_0242.jpg

Omega	Value	-388.963773 deg
	Deviation	0.213 deg
	Correlations over 95.0%	Kappa:-99.5%
Phi	Value	111.519165 deg
	Deviation	0.095 deg
Kappa	Value	375.900970 deg
	Deviation	0.193 deg
	Correlations over 95.0%	Omega:-99.5%
Xc	Value	1.779058
	Deviation	8.0e-004
Yc	Value	-0.318062
	Deviation	4.9e-004
Zc	Value	-1.921566
	Deviation	4.3e-004

Photo 66: \_mg\_0251.jpg

Omega	Value	-37.687776 deg
	Deviation	0.134 deg

Phi	Value	166.559910 deg
	Deviation	0.081 deg
Kappa	Value	106.416274 deg
	Deviation	0.055 deg
Xc	Value	0.380047
	Deviation	5.5e-004
Yc	Value	-0.045478
	Deviation	4.9e-004
Zc	Value	-1.965591
	Deviation	9.7e-004

Photo 67: \_mg\_0639.jpg

Omega	Value	161.263986 deg
	Deviation	0.040 deg
Phi	Value	0.856262 deg
	Deviation	0.056 deg
Kappa	Value	-162.270603 deg
	Deviation	0.009 deg
Xc	Value	0.484777
	Deviation	0.002
Yc	Value	-1.713239
	Deviation	0.002
Zc	Value	-6.416234
	Deviation	0.007

Photo 68: \_mg\_0643.jpg

Omega	Value	159.164242 deg
	Deviation	0.058 deg
Phi	Value	5.304814 deg
	Deviation	0.045 deg
Kappa	Value	-79.870081 deg
	Deviation	0.013 deg
Xc	Value	0.499799
	Deviation	0.003
Yc	Value	-1.735274
	Deviation	0.003
Zc	Value	-6.489205
	Deviation	0.009

Photo 69: _MG_9834.JPG		
Omega	Value	-52.589765 deg
	Deviation	0.057 deg
	Correlations over 95.0%	Kappa:98.7%
Phi	Value	-71.540019 deg
	Deviation	0.024 deg
Kappa	Value	-34.814750 deg
	Deviation	0.057 deg
	Correlations over 95.0%	Omega:98.7%
Xc	Value	-15.158110
	Deviation	0.014
Yc	Value	4.807714
	Deviation	0.006
Zc	Value	1.846255
	Deviation	0.006

Photo 70: _MG_9843.JPG		
Omega	Value	-0.568779 deg
	Deviation	0.069 deg
Phi	Value	5.021914 deg
	Deviation	0.097 deg
Kappa	Value	-13.380228 deg
	Deviation	0.019 deg
Xc	Value	0.258897
	Deviation	0.001
Yc	Value	0.295527
	Deviation	4.7e-004
Zc	Value	1.249429
	Deviation	0.002

Photo 71: _mg_9852.jpg		
Omega	Value	23.111784 deg
	Deviation	0.489 deg
	Correlations over 95.0%	Kappa:99.7%

Phi	Value	-78.490590 deg
	Deviation	0.094 deg
Kappa	Value	41.112795 deg
	Deviation	0.489 deg
	Correlations over 95.0%	Omega:99.7%
Xc	Value	-1.477585
	Deviation	0.001
Yc	Value	-0.329004
	Deviation	7.4e-004
Zc	Value	-1.144576
	Deviation	0.001

Photo 72: \_mg\_9856.jpg

Omega	Value	158.952597 deg
	Deviation	0.108 deg
	Correlations over 95.0%	Kappa:98.7%
Phi	Value	-47.469729 deg
	Deviation	0.116 deg
Kappa	Value	185.663669 deg
	Deviation	0.080 deg
	Correlations over 95.0%	Omega:98.7%
Xc	Value	-1.437179
	Deviation	0.002
Yc	Value	-0.579552
	Deviation	0.001
Zc	Value	-1.867739
	Deviation	0.002

Photo 73: \_mg\_9858.jpg

Omega	Value	153.266113 deg
	Deviation	0.066 deg
Phi	Value	-18.339030 deg
	Deviation	0.103 deg
Kappa	Value	-172.262024 deg
	Deviation	0.026 deg

Xc	Value	-0.901786
	Deviation	8.1e-004
Yc	Value	-0.855070
	Deviation	5.0e-004
Zc	Value	-2.280214
	Deviation	0.001

Photo 74: \_MG\_9860.JPG

Omega	Value	158.284611 deg
	Deviation	0.095 deg
	Correlations over 95.0%	Yp:96.8%, Kappa:98.7%
Phi	Value	-49.957910 deg
	Deviation	0.082 deg
Kappa	Value	184.690182 deg
	Deviation	0.074 deg
	Correlations over 95.0%	Yp:95.5%, Omega:98.7%
Xc	Value	-0.865913
	Deviation	8.5e-004
Yc	Value	-0.876645
	Deviation	5.1e-004
Zc	Value	-2.325490
	Deviation	8.7e-004

Photo 75: \_MG\_9862.JPG

Omega	Value	104.015389 deg
	Deviation	0.548 deg
	Correlations over 95.0%	Kappa:99.9%
Phi	Value	-77.733886 deg
	Deviation	0.099 deg
Kappa	Value	-145.455868 deg
	Deviation	0.546 deg
	Correlations over 95.0%	Omega:99.9%
Xc	Value	-0.320711
	Deviation	0.001

Yc	Value	-0.623198
	Deviation	5.8e-004
Zc	Value	-1.618812
	Deviation	9.7e-004

Photo 76: \_MG\_9863.JPG

Omega	Value	145.932195 deg
	Deviation	0.118 deg
Phi	Value	-15.794393 deg
	Deviation	0.093 deg
Kappa	Value	-84.875142 deg
	Deviation	0.034 deg
Xc	Value	0.024317
	Deviation	8.5e-004
Yc	Value	-0.736690
	Deviation	5.4e-004
Zc	Value	-1.761696
	Deviation	9.4e-004

Photo 77: \_mg\_9870.jpg

Omega	Value	138.985004 deg
	Deviation	0.084 deg
Phi	Value	36.082877 deg
	Deviation	0.100 deg
Kappa	Value	-158.911373 deg
	Deviation	0.046 deg
Xc	Value	0.183285
	Deviation	7.8e-004
Yc	Value	-1.087799
	Deviation	5.0e-004
Zc	Value	-2.303530
	Deviation	8.5e-004

Photo 78: \_MG\_9881.JPG

Omega	Value	52.032667 deg
	Deviation	0.163 deg
	Correlations over 95.0%	Kappa:-98.3%

Phi	Value	54.006496 deg
	Deviation	0.125 deg
Kappa	Value	20.524731 deg
	Deviation	0.145 deg
	Correlations over 95.0%	Omega:-98.3%
Xc	Value	3.100511
	Deviation	0.001
Yc	Value	-1.212957
	Deviation	8.3e-004
Zc	Value	-1.139990
	Deviation	0.001

Photo 79: \_MG\_9883.JPG

Omega	Value	101.509841 deg
	Deviation	0.196 deg
	Correlations over 95.0%	Kappa:-98.5%
Phi	Value	52.067523 deg
	Deviation	0.124 deg
Kappa	Value	-31.517448 deg
	Deviation	0.176 deg
	Correlations over 95.0%	Omega:-98.5%
Xc	Value	3.091570
	Deviation	0.002
Yc	Value	-1.206656
	Deviation	9.3e-004
Zc	Value	-1.126586
	Deviation	0.001

Photo 80: \_MG\_9884.JPG

Omega	Value	71.253434 deg
	Deviation	0.160 deg
	Correlations over 95.0%	Kappa:-99.3%
Phi	Value	59.412987 deg
	Deviation	0.070 deg

Kappa	Value	-87.285347 deg
	Deviation	0.144 deg
	Correlations over 95.0%	Omega:-99.3%
Xc	Value	3.320975
	Deviation	0.002
Yc	Value	-1.110906
	Deviation	8.1e-004
Zc	Value	-0.674017
	Deviation	9.1e-004

Photo 81: \_MG\_9888.JPG

Omega	Value	-6.514006 deg
	Deviation	0.133 deg
Phi	Value	-13.748612 deg
	Deviation	0.082 deg
Kappa	Value	81.547295 deg
	Deviation	0.034 deg
Xc	Value	1.613393
	Deviation	0.001
Yc	Value	-0.274181
	Deviation	6.3e-004
Zc	Value	0.312232
	Deviation	0.001

Photo 82: \_MG\_9896.JPG

Omega	Value	2.637041 deg
	Deviation	0.126 deg
	Correlations over 95.0%	Kappa:-98.2%
Phi	Value	44.934694 deg
	Deviation	0.069 deg
Kappa	Value	67.175799 deg
	Deviation	0.092 deg
	Correlations over 95.0%	Omega:-98.2%
Xc	Value	1.572362
	Deviation	6.7e-004

Yc	Value	-0.415352
	Deviation	3.5e-004
Zc	Value	-0.117809
	Deviation	7.0e-004

Photo 83: \_mg\_9904.jpg

Omega	Value	154.694899 deg
	Deviation	0.099 deg
Phi	Value	4.732210 deg
	Deviation	0.151 deg
Kappa	Value	-169.547019 deg
	Deviation	0.038 deg
Xc	Value	0.695112
	Deviation	0.001
Yc	Value	-0.614752
	Deviation	6.5e-004
Zc	Value	-1.132829
	Deviation	0.002

Photo 84: \_MG\_9907.JPG

Omega	Value	19.039816 deg
	Deviation	0.137 deg
	Correlations over 95.0%	Kappa:-95.3%
Phi	Value	38.191082 deg
	Deviation	0.109 deg
Kappa	Value	55.159970 deg
	Deviation	0.090 deg
	Correlations over 95.0%	Omega:-95.3%
Xc	Value	1.274611
	Deviation	0.001
Yc	Value	-0.112319
	Deviation	5.8e-004
Zc	Value	0.720224
	Deviation	0.001

Photo 85: \_MG\_9908.JPG

Omega	Value	23.257149 deg
	Deviation	0.171 deg
	Correlations over 95.0%	Kappa:-98.4%
Phi	Value	52.346144 deg
	Deviation	0.108 deg
Kappa	Value	47.844903 deg
	Deviation	0.140 deg
	Correlations over 95.0%	Omega:-98.4%
Xc	Value	1.356810
	Deviation	0.001
Yc	Value	-0.150684
	Deviation	6.2e-004
Zc	Value	0.509858
	Deviation	0.001

Photo 86: \_MG\_9909.JPG

Omega	Value	3.248659 deg
	Deviation	0.132 deg
Phi	Value	23.541454 deg
	Deviation	0.099 deg
Kappa	Value	71.199104 deg
	Deviation	0.060 deg
Xc	Value	1.041710
	Deviation	0.001
Yc	Value	0.012713
	Deviation	6.5e-004
Zc	Value	0.816024
	Deviation	0.001

Photo 87: \_mg\_9911.jpg

Omega	Value	-36.740999 deg
	Deviation	0.153 deg
	Correlations over 95.0%	Kappa:98.3%
Phi	Value	-41.379434 deg
	Deviation	0.141 deg

Kappa	Value	-18.830973 deg
	Deviation	0.101 deg
	Correlations over 95.0%	Omega:98.3%
Xc	Value	-1.028089
	Deviation	0.001
Yc	Value	0.062560
	Deviation	1.0e-003
Zc	Value	-0.202116
	Deviation	0.001

Photo 88: \_mg\_9913.jpg

Omega	Value	-160.944545 deg
	Deviation	0.164 deg
Phi	Value	-12.303737 deg
	Deviation	0.288 deg
Kappa	Value	-152.573399 deg
	Deviation	0.123 deg
Xc	Value	-0.774611
	Deviation	5.5e-004
Yc	Value	-0.099860
	Deviation	3.5e-004
Zc	Value	-0.450822
	Deviation	5.5e-004

Photo 89: \_mg\_9914.jpg

Omega	Value	-92.465266 deg
	Deviation	0.494 deg
	Correlations over 95.0%	Kappa:-98.7%
Phi	Value	62.219321 deg
	Deviation	0.183 deg
Kappa	Value	63.263473 deg
	Deviation	0.453 deg
	Correlations over 95.0%	Omega:-98.7%
Xc	Value	-0.760209
	Deviation	6.9e-004

Yc	Value	-0.095051
	Deviation	4.5e-004
Zc	Value	-0.447266
	Deviation	5.3e-004

Photo 90: \_mg\_9926.jpg

Omega	Value	-19.616613 deg
	Deviation	0.520 deg
	Correlations over 95.0%	Kappa:98.7%
Phi	Value	-42.284192 deg
	Deviation	0.385 deg
Kappa	Value	81.541078 deg
	Deviation	0.357 deg
	Correlations over 95.0%	Omega:98.7%, Y:-96.2%
Xc	Value	-0.510153
	Deviation	0.004
Yc	Value	0.323972
	Deviation	0.005
	Correlations over 95.0%	Kappa:-96.2%
Zc	Value	0.797265
	Deviation	0.004

Photo 91: \_mg\_9953.jpg

Omega	Value	156.993202 deg
	Deviation	0.042 deg
Phi	Value	18.056017 deg
	Deviation	0.066 deg
Kappa	Value	-168.792195 deg
	Deviation	0.027 deg
Xc	Value	-0.064715
	Deviation	0.001
Yc	Value	-1.277518
	Deviation	9.8e-004
Zc	Value	-2.998781
	Deviation	0.002

Photo 92: \_MG\_9971.JPG

Omega	Value	-4.926862 deg
	Deviation	0.058 deg
Phi	Value	46.508252 deg
	Deviation	0.056 deg
Kappa	Value	-17.657160 deg
	Deviation	0.046 deg
Xc	Value	1.975149
	Deviation	0.001
Yc	Value	-0.366115
	Deviation	4.3e-004
Zc	Value	0.295458
	Deviation	0.001







ESCUELA DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA



Universidad  
Politécnica  
de Cartagena