



UNIVERSIDAD DE LEÓN

**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIAL E INFORMÁTICA**

**APLICACIÓN DE LA
FOTOGRAMETRÍA DIGITAL A
MUNDOS VIRTUALES 3D:
MODELADO DE SIMULADORES DE
VUELO Y ASCENSORES EN EL
EDIFICIO TECNOLÓGICO DE LA
ULE.**

ROMINA FERNÁNDEZ ÁLVAREZ

TUTOR: D. FERNANDO JORGE FRAILE FERNÁNDEZ

LEÓN, DICIEMBRE 2013

Este documento, cuyo título "APLICACIÓN DE LA FOTOGRAMETRÍA DIGITAL A MUNDOS VIRTUALES 3D: MODELADO DE SIMULADORES DE VUELO Y ASCENSORES EN EL EDIFICIO TECNOLÓGICO DE LA ULE", constituye el Trabajo Fin de Carrera de la alumna Romina Fernández Álvarez de la Escuela de Ingenierías Industrial, Informática y Aeronáutica de León, con el objetivo de obtener el título de Ingeniero Técnico Industrial en la especialidad de Estructuras e Instalaciones Industriales.

La tutoría de este trabajo ha sido llevada a cabo por D. Fernando Jorge Fraile Fernández, profesor del Departamento de Química, Física y Expresión Gráfica de la Universidad de León.

Vº Bº Oficina Técnica:

Tutor:

Fdo.: Manuel Castejón Limas

Fdo.: D. Fernando Jorge Fraile Fernández

Autor:

Fdo.: Romina Fernández Álvarez

0.ÍNDICE

0	ÍNDICE	3
1	INTRODUCCIÓN	6
2	OBJETIVOS	9
3	TÉCNICAS UTILIZADAS	12
	3.1. Técnicas CAD	13
	Desarrollo histórico	14
	3.1.1. AutoCAD	16
	3.1.1.1. Breve historia de AutoCAD	16
	3.1.1.2. Componentes CAD	17
	3.1.1.3. Aplicaciones de AutoCAD	18
	3.1.1.4. Características, semejanzas y diferencias con otros sistemas CAD	18
	3.1.1.5. Conceptos	19
	3.1.1.6. Pasos del dibujo	21
	3.2. Técnicas Fotogramétricas	24
	3.2.1. Fotogrametría	24
	3.2.1.1. Definición	24
	3.2.1.2. Fundamentos	25
	3.2.1.3. Evolución	26
	3.2.1.4. Historia	28
	3.2.1.5. Aplicaciones	29
	3.2.1.6. Ventajas y limitaciones	30
	3.2.1.7. La Fotogrametría en España	32
	3.2.2. PhotoModeler Scanner	32
	3.2.2.1. Calibración de la cámara fotográfica	33
	3.2.2.2. Generación de dianas	42
	3.2.2.3. Realización de las fotografías	44
	3.2.2.4. Restitución	46
	3.3. Mundos Virtuales	48
	3.3.1. Unity 3D	52
	3.3.1.1. Plataforma de desarrollo	53
4	METODOLOGÍA	58
	4.1. Mediciones	59
	4.2. Fotografías	61
	4.3. Modelado	70
	4.3.1. AutoCAD	70
	4.3.2. PhotoModeler Scanner	76
	4.4. Unity 3D	84
	.fbx	84
	4.4.1. Creación de escenas	84
	4.4.1.1. Interfaz gráfica de Unity	85
	4.4.1.2. Creación de escenas.....	87
	4.4.1.3. Funcionamiento	90
	4.4.1.4. Programación.....	90
	4.4.1.4.1. Scripts utilizados.....	92
5	ANEXOS	95
	Anexo 1 Medidor laser "Leica DistoD3".....	96
	Anexo 2 Canon EOS 1000D.....	96

6	CONCLUSIONES	100
7	BIBLIOGRAFÍA	103

1.Introducción

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo final que se buscaba a la hora de iniciar este proyecto era realizar una visita virtual a un edificio de manera que fuese lo más parecido posible a la realidad, y así lograr que quien lo visitara desde un ordenador tuviera las mismas sensaciones que alguien que estuviera dándose un paseo por el, salvando siempre la barrera de que ningún mundo virtual, por realista que sea, inspire las mismas sensaciones que el mundo real (al menos hasta la actualidad).

Inicialmente, tiempo atrás, el objetivo fue realizar la visita de manera que se pudiera ver la estructura externa, la Planta Baja, y la Planta 1, con el máximo nivel de detalle, incluyendo los laboratorios, aseos, despachos de los profesores, etc. Este objetivo fue reconsiderado, y en su momento se decidió completar tanto la estructura externa, como la interna de todo el edificio (Planta Baja, Piso 1, Piso 2, Piso 3, y Piso 4), y se desestimó la idea de dibujar los laboratorios y despachos por dentro, ya que esto supondría una molestia para las personas que se encuentran trabajando dentro de ellos.

Esto ha supuesto que con el paso del tiempo las diversas estancias se hayan ido completando en varios proyectos mediante diferentes técnicas.

Este proyecto en particular se ha realizado conjunta y paralelamente con el proyecto "Técnicas de Restitución Fotogramétricas en mundos virtuales 3D: Modelado de

laboratorios y actualización de instalaciones de uso compartido de la EIII” de Mercedes González Cabero.

Conjuntamente porque la etapa de medición y fotografía de todas las estancias de ambos proyectos la hemos realizado juntas para una mayor facilidad debido a la complejidad que presentaban algunas de las estancias y objetos a la hora de las mediciones y fotografiado, y paralelamente porque las técnicas utilizadas han sido las mismas aunque, las estancias y objetos modelados no.

2. Objetivos

2. OBJETIVOS

En este proyecto nos vamos a encargar de dibujar y completar ciertas estancias que en su día no se completaron por diversos motivos, como es el caso de los simuladores de vuelo y ascensores, pudiendo así el avatar utilizar los ascensores dando así un nivel de realismo al conjunto del proyecto.

Para lograr este objetivo final, se marcaron una serie de puntos intermedios, que detallaremos a continuación.

Primero se realizaría una medición de los elementos objeto del proyecto.

A continuación, el siguiente paso sería el de modelar estos elementos con algún programa.

Para este segundo paso, se decidió usar *Autocad 2013*, *Autodesk Inventor*, y una nueva técnica, la restitución fotogramétrica mediante el uso de *PhotoModeler Scanner*. Se debía ser muy meticuloso en este paso, ya que con los archivos que surgieran del mismo, se procedería a su ensamblado, y era necesario que todas las piezas encajaran correctamente, es decir, que no se superposicionarán los elementos y tampoco hubiera huecos entre los mismos.

Una vez que se tuvieran las estancias y objetos modelados en *Autocad*, *Inventor* y *PhotoModeler Scanner*, se procedería a la construcción de las estancias del edificio dentro de un mundo virtual. Para ello, el programa que se eligió fue *Unity 3D*.

El siguiente paso consistiría en darle material y textura a los elementos modelados con el *AutoCAD*. Sobre todo se buscaba que las texturas del edificio fuesen lo más parecidas a las que hay en realidad, incluyendo la escala. También se buscaba la forma de darle una determinada opacidad a los cristales que se reparten por el edificio, que dependiendo del lugar son mas o menos opacos y el reflejo en los diferentes espejos de los cuartos de baño y ascensores.

El último paso sería el acoplamiento de las escenas creadas en Unity 3D con el resto del edificio

3. Técnicas utilizadas

3. TÉCNICAS UTILIZADAS

Para la realización de este proyecto se han empleado Técnicas CAD, Técnicas de Restitución Fotogramétricas y Mundos Virtuales.

3.1. TÉCNICAS CAD

CAD es el acrónimo de '*Computer Aided Design*' o diseño asistido por computador. Se trata de la tecnología implicada en el uso de ordenadores para realizar tareas de creación, modificación, análisis y optimización de un diseño. De esta forma, cualquier aplicación que incluya una interfaz gráfica y realice alguna tarea de ingeniería se considera software de CAD. Las herramientas de CAD abarcan desde herramientas de modelado geométrico hasta aplicaciones a medida para el análisis u optimización de un producto específico. Entre estos dos extremos se encuentran herramientas de modelado y análisis de tolerancias, cálculo de propiedades físicas (masa, volumen, momentos, etc.), modelado y análisis de elementos finitos, ensamblado, etc. La función principal en estas herramientas es la definición de la geometría del diseño (pieza mecánica, arquitectura, circuito electrónico, etc.).

La geometría de un objeto se usa en etapas posteriores en las que se realizan tareas de ingeniería y fabricación. De esta forma se habla también de Ingeniería asistida por Ordenador o Computer Aided Engineering (CAE) para referirse a las tareas de análisis, evaluación, simulación y optimización desarrolladas a lo largo del ciclo de vida del

producto. De hecho, este es el mayor de los beneficios de la tecnología CAD, la reutilización de la información creada en la etapa de síntesis en las etapas de análisis y también en el proceso CAM.

El termino CAD se puede definir como el uso de sistemas informáticos en la creación, modificación, análisis u optimización de un producto.

DESARROLLO HISTORICO

En la historia del CAD/CAM se pueden encontrar precursores de estas técnicas en dibujos de civilizaciones antiguas como Egipto Grecia o Roma. Los trabajos de Leonardo da Vinci muestran técnicas CAD actuales como el uso de perspectivas. Sin embargo, el desarrollo de estas técnicas esta ligado a la evolución de los ordenadores que se produce a partir de los años 50.

A principios de la década 1950 aparece la primera pantalla gráfica en el MIT capaz de representar dibujos simples de forma no interactiva. En esta época y también en el MIT se desarrolla el concepto de programación de control numérico. A mediados de esta década aparece el lápiz óptico que supone el inicio de los gráficos interactivos. A finales de la década aparecen las primeras máquinas herramienta y General Motors comienza a usar técnicas basadas en el uso interactivo de gráficos para sus diseños.

La década de los 60 representa un periodo crucial para el desarrollo de los gráficos por ordenador. Aparece el termino CAD y varios grupos de investigación dedican gran esfuerzo a estas técnicas. Fruto de este esfuerzo es la aparición de unos pocos sistemas de CAD. Un hecho determinante de este periodo es la aparición comercial de pantallas de ordenador.

En la década de los 70 se consolidan las investigaciones anteriores y la industria se percata del potencial del uso de estas técnicas, lo que lanza definitivamente la implantación y uso de estos sistemas, limitada por la capacidad de los ordenadores de esta época. Aparecen los primeros sistemas 3D (prototipos), sistemas de modelado de elementos finitos, control numérico, etc. Hechos relevantes de esta década son, entre otros, la celebración del primer SIGGRAPH y la aparición de IGES.

En la década de los 80 se generaliza el uso de las técnicas CAD/CAM propiciada por los avances en hardware y la aparición de aplicaciones en 3D capaces de manejar superficies complejas y modelado sólido. Aparecen multitud de aplicaciones en todos los campos de la industria que usan técnicas de CAD/CAM, y se empieza a hablar de realidad virtual.

La década de los 90 se caracteriza por una automatización cada vez más completa de los procesos industriales en los que se va generalizando la integración de las diversas técnicas de diseño, análisis, simulación y fabricación. La evolución del hardware y las comunicaciones hacen posible que la aplicación de técnicas CAD/CAM este limitada tan solo por la imaginación de los usuarios. En la actualidad, el uso de estas técnicas ha dejado de ser una opción dentro del ámbito industrial, para convertirse en la única opción existente. Podemos afirmar por tanto que el CAD/CAM es una tecnología de supervivencia. Solo aquellas empresas que lo usan de forma eficiente son capaces de mantenerse en un mercado cada vez más competitivo.

El diseño y la fabricación asistidos por ordenador han alcanzado actualmente un gran nivel de desarrollo e implantación y se han convertido en una necesidad esencial para la supervivencia de las empresas en un mercado cada vez más competitivo. El uso de estas herramientas permite reducir costes, acortar tiempos y aumentar la calidad de los productos fabricados. Estos son los tres factores críticos que determinan el éxito comercial de un producto en la situación social actual en la que la competencia es cada vez mayor y el mercado demanda productos de mayor calidad y menor tiempo de vida. Un ejemplo sencillo y evidente de estas circunstancias es la industria de la automoción, donde cada día aparecen nuevos modelos de coches con diseños cada vez más sofisticados y se reduce la duración de un modelo en el mercado, frente a la situación de hace unas pocas décadas en las que el número de modelos en el mercado era mucho más reducido y su periodo de comercialización mucho más largo.

3.1.1. AUTOCAD

Autodesk AutoCAD es el principal producto de *Autodesk, Inc.* que es una compañía dedicada al software de diseño en 2D y 3D para las industrias de manufacturas, infraestructuras, construcción, medios y entretenimiento y datos transmitidos vía inalámbrica. *Autodesk* fue fundada en 1982 por John Walker (programador) y otros doce cofundadores. A lo largo de su historia, ha tenido varias sedes, como por ejemplo en el condado de Marin (California). Su sede se encuentra actualmente en San Rafael (California).

Autodesk AutoCAD es, como lo indica su nombre, un software CAD utilizado para dibujo 2D y modelado 3D. Actualmente es desarrollado y comercializado por la empresa *Autodesk*. El nombre *AutoCAD* surge como creación de la compañía Autodesk, en que Auto hace referencia a la empresa creadora del software y CAD a Diseño Asistido por Computadora (por sus siglas en inglés) teniendo su primera aparición en 1982.^[1] *AutoCAD* es un software reconocido a nivel internacional por sus amplias capacidades de edición, que hacen posible el dibujo digital de planos de edificios o la recreación de imágenes en 3D, es uno de los programas más usados por arquitectos, Ingenieros y diseñadores industriales.

3.1.1.1. Breve historia de AutoCAD

La historia de *AutoCAD* es una larga sucesión de nuevas utilidades y características del programa. Esta es la historia de una serie de conjeturas acerca de causas y consecuencias de cada una de sus 20 ediciones. Si bien *AutoCAD* fue uno de los primeros, a mediados de la década del 80 muchas otras empresas también desarrollaron sus propios sistemas CAD. En general, las otras implementaron desde un principio el uso de todo tipo de trabas electrónicas y/o digitales a la reproducción, instalación y uso de sus sistemas. La evolución y desarrollo de las aplicaciones CAD han estado íntimamente relacionados con los avances del sector informático. Hay que destacar, el gran interés estratégico que desde el principio ha tenido el CAD para las empresas, por el impacto enorme en la productividad. Las grandes empresas desde el principio han apostado por el CAD y ello supone importantes inversiones, que

lógicamente potencian y convierten el CAD en un producto estratégico con un gran mercado.

3.1.1.2. Componentes del CAD

Los componentes de AutoCAD están constituidos por:

- La ventana gráfica: Ocupa la mayor parte de la pantalla y es donde se muestran y crean los dibujos. Esto quiere decir que es el lugar donde se representarán los elementos del dibujo de trabajo que se esté realizando.
- Barra de menús: Situada en la parte superior, permite el acceso a una serie de menús desplegables que contiene las órdenes y procedimientos de uso más frecuente en *Auto CAD*.
- Barra de herramientas estándar: Incluye una serie de iconos que representan de forma gráfica e intuitiva las órdenes que se ejecutarán si se pulsa sobre ellos: zoom, ayuda, recorta, etc. Estas barras se pueden personalizar, de forma que se incluya en ellas las órdenes que más utilizamos. Son de gran ayuda, y se integran en el editor de dibujo o pueden quedarse flotando.
- Barra de propiedades: Su función es la de controlar y establecer las propiedades por defecto de las entidades, como son capa, color, dibujo, modificador, anotación, bloques, propiedades utilidades y tipo de línea.
- Barra de herramientas flotantes: Son barras de herramientas que pueden situarse en cualquier parte de la pantalla, y que incluyen las órdenes más utilizadas. Estas barras pueden ser personalizadas adaptándolas a nuestra forma habitual de trabajar *en Auto CAD*.

- Línea de comando: es la ventana de la línea de comandos, la cual nos permite interactuar con el programa, todas las solicitudes de los comandos se gestionan a través de esta ventana.
- Barra de estado: esta barra contiene una gran cantidad de herramientas para el control preciso del dibujo.
- Icono UCS: icono de coordenadas del usuario (UCSICON), El Icono del Sistema de Coordenadas del Usuario se encuentra situado en la esquina inferior izquierda del área gráfica, su estilo puede ser bidimensional o tridimensional, en nuestro curso podemos usarlo de las dos formas. El UCSICON está ubicado en el Origen del Sistema de Coordenadas Rectangular.
- Cursor: según donde situemos el cursor del ratón, éste adopta diferentes formas. Dentro de la zona de dibujo adopta la forma de una cruz. Si lo situamos sobre las barras de herramientas, adopta la forma de una flecha.

3.1.1.3. Aplicaciones de AutoCAD

AutoCAD es simplemente un software de diseño por computadora, con capacidad para 2D y 3D, Depende de la rama de aplicación, se puede decir que en cualquier rama donde se utilice dibujo técnico el *AutoCAD* podrá ser aplicado. Por ejemplo: en la Ingeniería civil, en el área de construcción de vías, caminos, levantamientos topográficos, diseño mecánico, diseño gráfico, planos arquitectónicos, planos eléctricos y electrónicos, moldeos, organigramas, litografías, esquemas, ilustraciones didácticas, animaciones, presentaciones realistas, diseño paramétrica, diagramas de explosión (catálogos de partes), en la parte de telecomunicaciones como en diseños de redes y canales fibras ópticas, entre otros.

3.1.1.4. CARACTERÍSTICAS, SEMEJANZAS Y DIFERENCIAS CON OTROS SISTEMAS DE DIBUJO ASISTIDO POR COMPUTADORA

Características de AutoCAD

El diseño asistido por computadora (o computador u ordenador), abreviado como DAO (diseño asistido por ordenador) pero más conocido por sus siglas inglesas CAD (*Computer Aided Design*), es el uso de un amplio rango de herramienta computacional que asisten a ingenieros, arquitectos y otros profesionales del diseño en sus respectivas actividades. Estas herramientas se pueden dividir básicamente en programas de dibujo en dos dimensiones (2D) y modeladores en tres dimensiones (3D). Las herramientas de dibujo en 2D se basan en entidades geométricas vectoriales como puntos, líneas, arcos y polígonos con las que se pueden operar a través de una interfaz gráfica. Los modeladores en 3D añaden superficies y sólidos.

Semejanzas y Diferencias

En semejanza con *AutoCAD* tenemos al programa *Coreldraw*, el cual también es una herramienta que asiste a diversos profesionales en el área que tiene que ver con el dibujo, pero *Coreldraw* se caracteriza por ser un programa de dibujo vectorial que facilita la creación de ilustraciones profesionales: desde simples logotipos a complejos diagramas técnicos. También tenemos otra herramienta en semejanza con *AutoCAD* el cual se llama *Illustrator*, desarrollado por *Adobe*, con la que como herramienta se puede crear y trabajar con dibujos basados en gráficos vectoriales, siendo de gran utilidad para el profesional ligado a las áreas de dibujo. En cambio en caso del programa *Power Point*, nos permite crear nuestros propios dibujos, partiendo de líneas o trazos de figuras básicas o formas predefinidas. Y existe otro programa, este se llama *Photo Draw*, el cual está perfectamente dotado para trabajar con imágenes fotográficas, pero se puede conseguir también muy buenos resultados trabajando con dibujos y textos. En esto saca ventaja a otros programas menos preparados para trabajar con imágenes vectoriales.

3.1.1.5. Conceptos

Concepto de dibujo como archivo gráfico:

Al realizar un trabajo en cualquier aplicación debemos guardarlo como un archivo, para luego poder abrirlo y modificarlo cuando querramos. En *AutoCAD* sucede lo mismo. De

tal manera, que cualquier dibujo que se realiza, al ser guardado en la computadora debe guardarse en forma de archivo. Para ello debe tener una extensión para identificar qué tipo de archivo es. A continuación se encuentran los tipos de archivos:

- **?DWG:** se originó de la palabra inglesa "drawing" que significa dibujar. Es el predeterminado y de trabajo de AutoCAD.
- **BAK:** Este es el formato de archivo de respaldo para AutoCAD. Siempre que uno guarde un dibujo, AutoCAD crea automáticamente un duplicado que sirve como archivo de respaldo. Este archivo tiene la misma información que el original, pero una extensión diferente. Si su archivo original resulta dañado o inutilizable por alguna razón, se puede cambiar la extensión del archivo BAK por DWG y abrirlo tal como haría con cualquier otro archivo de dibujo.
- **?DWF: (Drawing Web Format):** (Dibujo en Formato Web). Para visualizar dibujos en Internet, ocupan poco espacio. Necesita un programa especial que se instala en nuestro navegador de Internet.
- **DXF:** (acrónimo del inglés: Drawing Exchange Format) es un formato de archivo informático para dibujos de CAD, creado fundamentalmente para posibilitar la interoperabilidad entre los archivos .DWG, usados por el programa AutoCAD, y el resto de programas del mercado. Utilizado para intercambio entre programas, ya que es un formato universal. Esto quiere decir que este tipo de archivos puede ser abierto en cualquier aplicación de trabajo con dibujos.

Celda o bloques:

Son grupos de entidades, se suelen usar cuando necesitas repetir un grupo de entidades en el mismo dibujo o para pegarlos cuando su uso es común en muchos dibujos. Por ejemplo una bañera que se usa en muchos dibujos de arquitectura es razonable tenerla guardada en un bloque y así poderla pegar en cualquier dibujo sin tener que dibujarla una y otra vez. Las entidades que pertenecen a un bloque pueden

estar en distintas capas del dibujo pero esto no es recomendable lo mejor es siempre formar bloques en la capa 0 y después poner cada inserción del bloque en la capa que deseemos. Los bloques también tienen sus atributos propios y además al insertarlos se puede elegir el punto de inserción, el factor de escala, el ángulo de rotación y la capa en la que insertarlo. Una entidad que es parte de un bloque puede tener sus propios atributos, heredar los atributos de la capa donde se coloca (por capa), o heredar los del bloque de la que forma parte (por bloque). Otra propiedad interesante de los bloques es que después de ser insertados siguen dependiendo del bloque de origen y si modificamos el bloque se actualizarán todos los bloques insertados de ese tipo en el dibujo. Un bloque es un grupo de objetos, los bloques pueden ser insertados en un mismo dibujo más de una vez con diferentes atributos y en diferentes posiciones, diferente escala y ángulo de rotación.

Objetos o entidad

Los sistemas CAD disponen de una serie de objetos o entidades geométricas comunes como líneas, arcos circulares, arcos elípticos, así como otros objetos más complejos y específicos de CAD como polilíneas, textos, cotas, rellenos y splines. Cada uno de estos objetos tiene ciertas propiedades asociadas que lo definen como son, por ejemplo, color, tipo de línea y grosor de línea.

3.1.1.6. PASOS DEL DIBUJO

- 1. se escoge el template RNUEVO
- 2. acadiso3D
- 3. usar el comando línea precisando

El primer punto

Segundo punto

Al colocar todas las líneas necesarias se selecciona todo el modelo se le da doble clic y se les cambia el color en el apartado general de PorCapa al color índice 18.

- 4. se utilizó para el dibujo el CAD 2009
- 5. se guardó en formato dwg formato original
- 6. luego lo pase al formato bmp en la parte de guardar le di a exportar allí se puede modificar en cuanto a otros archivos para poder visualizarlo mejor, hasta que lo pase jpg para poder agregarlo en el trabajo de una imagen normal esto se logro gracias al visor de imágenes y fax de Windows XP.

3.1.2. AUTODESK INVENTOR

Al igual que Autodesk AutoCAD, Autodesk Inventor es uno de los programas de Autodesk, Inc.

Autodesk Inventor es un paquete de modelado paramétrico de sólidos en 3D producido por la empresa de software Autodesk. Compite con otros programas de diseño asistido por computadora como *SolidWorks*, *Pro/ENGINEER*, *CATIA* y *Solid Edge*. Entró en el mercado en 1999, muchos años después que los antes mencionados y se agregó a las Series de Diseño Mecánico de *Autodesk* como una respuesta de la empresa a la creciente migración de su base de clientes de diseño mecánico en dos dimensiones hacia la competencia, permitiendo que los computadoras personales ordinarias puedan construir y probar montajes de modelos extensos y complejos.

3.1.2.1. FUNCIONALIDAD

Autodesk Inventor se basa en técnicas de modelado paramétrico. Los usuarios comienzan diseñando piezas que se pueden combinar en ensamblajes. Corrigiendo piezas y ensamblajes pueden obtenerse diversas variantes. Como modelador paramétrico, no debe ser confundido con los programas tradicionales de CAD. Inventor

se utiliza en diseño de ingeniería para producir y perfeccionar productos nuevos, mientras que en programas como *Autocad* se conducen solo las dimensiones. Un modelador paramétrico permite modelar la geometría, dimensión y material de manera que si se alteran las dimensiones, la geometría actualiza automáticamente basándose en las nuevas dimensiones. Esto permite que el diseñador almacene sus conocimientos de cálculo dentro del modelo, a diferencia del modelado no paramétrico, que está más relacionado con un “tablero de bocetos digitales”. Inventor también tiene herramientas para la creación de piezas metálicas.

Los bloques de construcción cruciales de Inventor son las piezas. Se crean definiendo las características, que a su vez se basan en bocetos (dibujos en 2D). Por ejemplo, para hacer un cubo simple, un usuario primero haría un boceto con forma de cuadrado y después utilizaría la herramienta extrusión para levantar el cuadrado y darle volumen, convirtiéndolo en el cubo. Si un usuario desea entonces agregar un eje que salga del cubo, podría agregar un boceto en la cara deseada, dibujar un círculo y después extruirlo para crear un eje. También pueden utilizarse los planos de trabajo para producir los bocetos que se pueden compensar de los planos útiles de la partición. La ventaja de este diseño es que todos los bocetos y las características se pueden corregir más adelante, sin tener que hacer de nuevo la partición entera. Este sistema de modelado es mucho más intuitivo que en ambientes antiguos de modelado, en los que para cambiar dimensiones básicas era necesario generalmente suprimir el archivo entero y comenzar de cero.

Como parte final del proceso, las partes se conectan para hacer ensamblajes. Los ensamblajes pueden consistir en piezas u otros ensamblajes. Las piezas son ensambladas agregando restricciones entre las superficies, bordes, planos, puntos y ejes. Por ejemplo, si uno coloca un piñón sobre un eje, una restricción insertada podría agregarse al eje y el piñón haciendo que el centro del eje sea el centro del piñón. La distancia entre la superficie del piñón y del extremo del eje se puede también especificar con la restricción insertada. Otras restricciones incluyen Coincidencia, Nivelación, inserción (insertar), ángulo (ángulo), tangente (tangente), transicional, movimiento, sistema de coordenadas de usuario.

Este método de modelado permite la creación de ensamblajes muy grandes y complejos, especialmente porque los sistemas de piezas pueden ser puestos juntos

antes de que se ensamblen en el ensamblaje principal; algunos proyectos pueden tener muchos sub-ensamblajes parciales.

Inventor utiliza formatos específicos de archivo para las piezas (.IPT), ensamblajes (.IAM) , vista del dibujo (.IDW y .DWG) y presentaciones (IPN), pero el formato del archivo de *AutoCAD* .DWG puede ser importado/exportado como boceto.

Las últimas versiones de Inventor incluyen funcionalidades que poseían muchos modeladores 3D de mediano y alto nivel. Utiliza el Gestor de Formas (*Shape Manager*) como su kernel de modelaje geométrico, el cual pertenece a Autodesk y fue derivado del kernel de modelaje ACIS. Además incluye , en la versión professional, las herramientas necesarias para crear piezas de plástico y sus respectivos moldes de inyección. Cuenta también con análisis de tensiones por elementos finitos y análisis dinámicos. Creación y análisis de estructuras, piping y cableado, y las tecnologías iPart, iAssembly, iMates, iCopy, iLogic hacen que el diseño sea mas rápido y eficiente. Su combinación con *Autodesk Vault* y *Autodesk 360* la hacen líder en el mercado del diseño mecánico.

3.1.2.2. USO DE AUTODESK INVENTOR

Inventor ofrece una gran rapidez y simplicidad en el proceso de crear ciertas piezas, por ello se ha utilizado en este proyecto para la creación de piezas secundarias, que complementen el realismo que se desea, por ejemplo, en la creación de tornillos, engranajes, etc, piezas que se encontraban en las estancias objeto de este proyecto.

3.2. TÉCNICAS FOTOGRAMÉTRICAS

3.2.1. FOTOGRAMETRÍA

3.2.1.1. DEFINICIÓN

La fotogrametría es una técnica para determinar las propiedades geométricas de los objetos y las situaciones espaciales a partir de la intersección de dos o más fotografías.

La palabra fotogrametría deriva del vocablo "fotograma" (de "*phos*", "*photós*", luz, y "*gramma*", trazado, dibujo), como algo listo, disponible (una foto), y "metrón", medir. Por lo que resulta que el concepto de fotogrametría es: "medir sobre fotos".

Si trabajamos con una foto podemos obtener información en primera instancia de la geometría del objeto, es decir, información bidimensional. Si trabajamos con dos fotos, en la zona común a éstas (zona de solape), podremos tener visión estereoscópica; o dicho de otro modo, información tridimensional.

Básicamente, se trata de una técnica de medición de coordenadas 3D, que utiliza fotografías u otros sistemas de percepción remota como medio fundamental para la medición.

Sus aplicaciones son numerosas: Agronomía, Cartografía, Ortofotografía, Arquitectura, Planeamiento y ordenación del territorio, Medio ambiente, Arqueología, Control de estructuras, Mediciones, Topografía, Biomecánica en diversos campos como la Medicina, Ergonomía o Deporte, Investigación policial (reconstrucción de accidentes), Zoología, ...

3.2.1.2. FUNDAMENTOS

El principio en el que se basa la fotogrametría consiste en proyectar en forma ortogonal sobre un plano de referencia, la imagen registrada en una fotografía, la cual ha sido proyectada sobre el negativo mediante la proyección central, que es la usada por las lentes.

En fotogrametría se asume que la proyección central es perfecta, lo cual implica que:

- No existe desviación de los rayos de luz que atraviesan los lentes de la cámara.
- La imagen se proyecta sobre una superficie perfectamente plana.
- La relación matemática que relaciona el objeto y su imagen se conoce con el nombre de principio de colinealidad.

3.2.1.3. EVOLUCIÓN DE LA FOTOGRAMETRÍA

El paso de la proyección central a la proyección ortogonal se puede realizar bien sea por la fotogrametría gráfica, prácticamente en desuso en nuestros días, o por la *estereofotogrametría*, la cual es usada actualmente en la inmensa mayoría de los trabajos fotogramétricos.

La fotogrametría gráfica, usando los principios de la geometría proyectiva, marcó el inicio de esta disciplina, ya que para la época era la única forma en que se podían restituir las fotografías. Esta modalidad se basa en la intersección de líneas que parten de dos estaciones diferentes, es decir de los puntos en que se tomaron las fotografías, hacia un punto común. Actualmente, gracias a la capacidad de cálculo que ofrecen las computadoras, el uso de esta forma de restitución se ha convertido, para algunos casos especiales, en una alternativa que puede competir con la estereofotogrametría.

La estereofotogrametría se basa en la visión estereoscópica para recrear en la mente del observador un modelo estereoscópico a partir de un par de fotografías, tomadas cada una de ellas desde una posición diferente, para ser observadas en forma separada por el ojo respectivo. De esta manera, cada ojo transmite al cerebro una imagen ligeramente diferente del otro, tal como lo hacen al observar los objetos tridimensionales. El cerebro interpretará entonces esas diferencias como diferencias en la profundidad, y formará un modelo estereoscópico en la mente del observador. Si se introduce un punto artificial sobre cada fotografía, mediante el aparato de observación, de manera que la posición relativa entre los mismos pueda variar, la sensación de profundidad para el punto también variará. La posibilidad de colocar un punto cuya altura sobre el modelo puede ser modificada, así como la posición sobre el mismo, permite establecer un nexo entre el modelo que el observador recrea y las coordenadas registradas por el aparato de observación, que definen la posición del punto. Si se establece un vínculo entre la marca flotante y un aparato trazador, el recorrido que la marca flotante realiza sobre el modelo será dibujado, teniendo entonces como resultado un plano del modelo. La aplicación del uso de la marca flotante encuentra su expresión en los llamados aparatos restituidores, los cuales son los que realizan los mapas y planos fotogramétricos.

La estereofotogrametría se ha llevado a cabo por las siguientes técnicas:

La fotogrametría analógica, que surge en la década de los treinta basada en aparatos de restitución y es la responsable de la realización de la mayoría de la cartografía mundial. En ella, un par de fotografías es colocado en un aparato restituidor de tipo óptico o mecánico.

El operador realiza en forma manual la orientación interior y exterior para crear el modelo estereoscópico, debidamente escalado y nivelado. El levantamiento de la información planimétrica y altimétrica del modelo se realiza también en forma manual, mediante el seguimiento con la marca flotante posada sobre los detalles de la superficie del modelo.

Esta información es ploteada en una cartulina colocada sobre la mesa trazadora, relacionada con el modelo por medios mecánicos o eléctricos.

La fotogrametría analítica, que aparece en 1957 como un desarrollo natural de la interrelación entre los aparatos restituidores analógicos y el surgimiento de la computación.

En ella, la toma de información es analógica y el modelado geométrico es matemático. Mediante el uso de un monocomparador o de un estereocomparador integrado en el restituidor, se miden las coordenadas x , y de los puntos pertinentes de las fotografías, coordenadas que son procesadas por los programas del computador del sistema. Este realiza el procesamiento de la orientación interior y exterior en forma analítica y procesa el levantamiento de la información del modelo que realiza el operador, para llevarla a su correcta posición ortogonal, y finalmente almacenarla en una base de datos tipo CAD.

La fotogrametría digital, actualmente en auge, surge como consecuencia del gran desarrollo de la computación, que permitió realizar todos los procesos fotogramétricos mediante el uso de computadores. Con la fotogrametría digital crecen las posibilidades de explotación de las imágenes, a la vez que se simplifican las tecnologías, permitiendo con ello la generación automática de modelos de elevación del terreno, ortoimágenes y estereortoimágenes, generación y visualización de modelos tridimensionales etc. Para llevar a cabo la restitución digital, las imágenes digitales son ingresadas en el computador, y mediante visualización en pantalla de las mismas, el operador ingresa los puntos necesarios para realizar el proceso de orientación en forma matemática. La restitución puede ser un proceso iterativo con el operador o ser realizada en forma

automática por correlación de imágenes. La salida en la fotogrametría digital puede ser en formato raster o formato vectorial.

3.2.1.4. HISTORIA

La fotogrametría es una disciplina resultado de la convergencia de la óptica, la fotografía, las matemáticas (especialmente la geometría proyectiva), para realizar levantamientos de carácter cartográfico principalmente. Por ello podemos iniciar sus raíces en la óptica, la primera de estas ciencias que tuvo un desarrollo práctico y cuyo aporte es fundamental, tanto en la captura de imágenes, como en su posterior reconstrucción, y cuyo desarrollo teórico y práctico permitió la popularización, por parte de los pintores, de la cámara oscura, la cual constituye la base de la cámara fotográfica. De hecho, en el siglo XVIII había alcanzado tal popularidad, que eran fabricadas casi en serie, adaptadas a los usos y circunstancias. Así pues, cuando aparecieron las primeras emulsiones fotográficas, ya contaban con un aparato relativamente perfeccionado donde podían ser colocadas para captar la luz. Paralelamente, los métodos matemáticos para realizar el alzado de objetos utilizando perspectivas, también habían sido desarrollados para el momento de la aparición de la fotografía, por lo que la utilización de la misma para el trazado de planos, fue inmediatamente puesto en práctica, con resultados satisfactorios. La utilidad comprobada de la fotografía, para trabajos topográficos, estimuló el desarrollo de técnicas conducentes a mejorar las aplicaciones de la fotogrametría, la cual rápidamente se desplazó hacia una nueva plataforma de toma: las aeronaves.

El surgimiento de la aeronáutica, con el advenimiento de los aerostatos, es contemporáneo con el de la fotografía por lo que la ventaja de la perspectiva aérea fue notada y aplicada de inmediato. La primera guerra mundial puso en manos de los fotogrametristas abundantes recursos económicos que permitieron consolidar la fotogrametría aérea. También en esa guerra apareció una disciplina colateral a la fotogrametría, con un inmenso campo de aplicación: la fotointerpretación.

El desarrollo de las técnicas fotogramétricas continuó en forma progresiva, hasta que el desarrollo de las computadoras y de la fotografía digital, iniciado a partir de los años 70, le dio un nuevo y poderoso impulso a esta disciplina, arribando de esta manera al estado actual de la fotogrametría, una poderosa tecnología con un alto grado de

sofisticación. En forma paralela al progreso de las técnicas fotogramétricas, se desarrollaron las astronáuticas, permitiendo el acceso de la fotogrametría espacial, mediante sensores instalados a bordo de satélites. De esta manera, la Luna y Marte ya han sido mapeados mediante imágenes tomadas por estos satélites, y actualmente parte de los productos fotogramétricos provienen de imágenes tomadas desde el espacio.

3.2.1.5. APLICACIONES DE LA FOTOGRAMETRÍA

La primera utilización de la fotogrametría consistió en la realización de mapas y planos topográficos. De hecho, los mapas base de la cartografía de cualquier país, son obtenidos mediante ella. Actualmente, además de la realización de estos mapas base, se realizan muchos otros tipos de mapas de carácter especial, los cuales pueden presentar gran variedad de escalas, y se utilizan en el proyecto y diseño de obras tales como autopistas, carreteras, vías de ferrocarril, puentes, tuberías, oleoductos, gasoductos, líneas de transmisión, presas hidroeléctricas, estudios urbanos, etc. Además de estos mapas, orientados principalmente al desarrollo de obras de ingeniería civil, podemos mencionar mapas realizados para uso catastral, mapas geológicos, mapas de suelos, mapas forestales, etc.

Dentro de las disciplinas que se benefician de la fotogrametría no topográfica podemos mencionar a la arquitectura, en el levantamiento de monumentos y de sitios; la arqueología, en aplicaciones similares a las usadas en arquitectura; la bioestereometría, en el estudio de formas de seres vivos; la construcción naval, la automotriz y la de maquinaria pesada hacen también uso de esta disciplina.

Una importante cantidad de la información cartográfica producida mediante el empleo de la fotogrametría, es utilizada como referencia espacial en bases de datos digitales. Estos, se integran con otros datos obtenidos por diferentes medios, generalmente de carácter cualitativo y descriptivo para conformar sistemas de información geográfica (SIG).

3.2.1.6. VENTAJAS Y LIMITACIONES.

La fotogrametría es una disciplina basada en la reconstrucción 3D de la realidad a partir de imágenes bidimensionales; es por ello que sus ventajas y desventajas están estrechamente ligadas a las formas de registro (generalmente fotografías aéreas), y a los métodos y equipos de restitución.

Ventajas de la fotogrametría.

- Reducción de costos. Está relacionado con el tamaño del área a restituir. A partir de las 200 ha. de superficie, el método fotogramétrico se torna competitivo frente al método topográfico, aumentando esta competitividad a medida que el área se hace más extensa.
- Reducción del trabajo de campo. El trabajo de campo es un componente oneroso de todo trabajo topográfico, cuyo costo aumenta con la accesibilidad y las condiciones de clima adverso. La reducida cantidad de puntos e control necesarios en la fotogrametría, reduce la estadía en el campo.
- Velocidad de compilación. El tiempo requerido para realizar un mapa fotogramétrico es mínimo comparado con el que requiere el levantamiento topográfico y su posterior trabajo de gabinete.
- Dado el poco tiempo necesario para el levantamiento fotogramétrico con el que se obtiene una reproducción fiel del terreno, en un periodo determinado, nos facilita datos muy valiosos en los casos de cambios súbitos, como por ejemplo: durante o después de catástrofes naturales.
- Flexibilidad. El método fotogramétrico puede ser realizado en un variado rango de escalas, dependiendo de la escala de las fotografías y del tipo de aparato compilador utilizado, dependiendo también de la disponibilidad de recursos económicos y técnicos. Por ello, suministrar mapas o sustitutos con diferentes tiempos de producción, costos y precisión.

- Registro multitemporal. Es muy útil para verificar mapas fotogramétricos. Las fotos aéreas proveen un registro preciso de las características del terreno en la fecha en que fueron tomadas, lo cual permite realizar comparaciones entre fotos de otras fechas para evaluar cambios en el terreno. Las fotos aéreas también pueden ser empleadas para otros usos diferentes al del proyecto original, ya que además de información métrica, las fotografías aéreas proporcionan información de carácter cuantitativo y cualitativo.
- La Fotogrametría se puede aplicar en regiones donde no pueden utilizarse los métodos clásicos, como, por ejemplo: en regiones intransitables, tales como: ciénagas, desiertos, selvas vírgenes, territorios azotados por alguna epidemia u ocupados por fuerzas enemigas, etc., debido a la característica intrínseca de la fotogrametría, de que los objetos pueden ser medidos sin necesidad de estar cerca de ellos.
- La aerofotogrametría aporta además una serie de ventajas, tales como, la fotografía en si, la cual es un documento que permite efectuar cualquier control en un momento dado. También se pueden obtener de ella datos jurídicos, geológicos, históricos y geogénicos de suma importancia.

Desventajas de la fotogrametría.

- Visión de la superficie del terreno cuando existe densa cobertura vegetal. En este caso es imposible ubicar la marca flotante sobre el terreno, por lo que se debe presumir una altura promedio de la vegetación con respecto al suelo. Sin embargo, como la cubierta vegetal tiende a suavizar los accidentes topográficos del terreno, siempre existirán errores en la ubicación de las curvas de nivel, aunque se pueda verificar la cota en los claros que existan en la vegetación.
- Ubicación de curvas de nivel sobre superficies planas. El determinar la trayectoria de una curva de nivel en un terreno plano tiene un alto grado de dificultad, debido a la imprecisión en la colocación de la marca flotante. En consecuencia, se colocan puntos acotados en la restitución o se complementa con trabajo de campo.

- El lugar debe ser inspeccionado para determinar aquellos elementos que no son visibles en forma satisfactoria, o que no cuya naturaleza exacta no puede ser determinada en el estereomodelo.
- Siempre es necesario realizar un control de campo.
- La aplicación de la fotogrametría requiere una inversión considerable de equipo y de personal especializado, por lo que su costo es elevado.
- Para realizar nuevos levantamientos se requiere la obtención de nuevas fotografías.

3.2.1.7. LA FOTOGRAMETRÍA EN ESPAÑA

La Fotogrametría es una de las actividades más emblemáticas dentro del IGN, comprende la fotografía aérea y la obtención de modelos de elevaciones, siendo información de referencia básica para la realización de la cartografía y la obtención de información geográfica en general: ocupación del suelo, urbanismo, ordenación del territorio, catastro, gestión forestal, hidrología, etc.

Desde el año 2004, la fotogrametría se ha dirigido fundamentalmente al desarrollo del proyecto PNOA, Plan Nacional de Ortofotografía Aérea, cuyo objetivo es la obtención de ortofotografías digitales de alta resolución (25 ó 50cm de tamaño de píxel) y modelos digitales de elevaciones de todo el territorio español, con una periodicidad de 2-3 años y enmarcado dentro del PNOT (Plan Nacional de Observación del Territorio).

3.2.2PHOTOMODELER SCANNER

PhotoModeler es un software de reconstrucción 3D a partir de fotografías de un objeto o edificio. Se basa en el modelo de malla de polígonos, por el cual se designan puntos manualmente en las fotografías (normalmente vértices), y el programa calcula el punto de vista de cada fotografía y sitúa el objeto en un espacio de tres dimensiones virtual mediante triangulación. El programa es capaz de orientar las fotografías, crear puntos, rectas y planos y extraer texturas de las fotografías. El resultado se puede exportar después a otros programas como *AutoCAD*, *ImageModel*, *Rhino*, *Google SketchUp*, etc.

La precisión, entre otros factores, viene determinada por la cámara fotográfica utilizada. A mayor resolución, mayor precisión. Una precisión habitual puede ser de 1:5000, es decir, para una fachada de 8m, el error estimado de medición es de 1,6mm (8000/5000).

3.2.2.1. CALIBRACIÓN DE LA CÁMARA FOTOGRÁFICA.

Aunque no se trata de un paso imprescindible a la hora de trabajar con PhotoModeler Scanner, sí es muy aconsejable, al menos en su primera toma de contacto, realizar la calibración de la cámara por el método que el mismo programa nos propone.

La calibración es el proceso previo para la restitución de un objeto por técnicas fotograméticas de un objeto en el espacio. El dispositivo captador de ésta técnica, como ya sabemos, consiste en una cámara fotográfica de una calidad determinada. Las cámaras que podemos emplear atienden principalmente a dos categorías:

- Cámara analógica: implica unos pasos adicionales en la técnica fotogramétrica que suponen la introducción de errores adicionales en toda la cadena de medición. En primer lugar es necesario el escaneado de los negativos (primera fuente de error), la introducción de marcas fiduciales que marquen el negativo (segunda fuente de error), necesario además un mayor dominio de la toma de fotografías, ante la imposibilidad de ver los resultados de nuestras tomas en el momento de realizarlas.
- Cámara digital: nos permite eliminar de principio esos errores iniciales que la analógica nos condiciona por el propio procedimiento. Los captadores, el equivalente al rollo e negativo de una imagen analógica, pueden ser de varios tipos, variando en su diseño y el tratamiento de la señal luminosa, siendo los más comunes o de más amplia difusión los CCD y los CMOS. La calidad de una cámara digital depende principalmente de dos factores, el captador o sensor y la óptica.

Por tanto, debido a sus considerables ventajas y a lo extendidas que se encuentran, a día de hoy el empleo de cámaras digitales se considera casi imprescindible. Es

necesario recordar que una mayor resolución del sensor (mayor número de píxeles) nos podrá mostrar un mayor grado de detalle en las fotografías aunque la construcción específica de la cámara y sus dispositivos internos pueden hacer que esa resolución del sensor no sea efectiva.

El modelo de calibración que *PhotoModeler* utiliza trata de corregir los dos tipos de distorsión que la cámara introduce en el proceso de restitución:

1. La distorsión radial producida por la propia lente.
2. La distorsión por descentrado del centro de la curvatura de la lente o composición de lentes y el eje del objetivo.

De los errores que el método de calibración de *PhotoModeler* trata de corregir, el segundo suele ser de un orden menor y en muchos casos su consideración no nos aporta una mejora sustancial en la precisión de los objetos restituidos.

La restitución de un punto de la fotografía de coordenadas (x, y) considerando el punto principal o centro de la imagen como el (0,0), para no introducir translaciones en las ecuaciones, viene dado por:

$$x_c = x + x \cdot d_r + x \cdot d_p \quad (1)$$

$$y_c = y + y \cdot d_r + y \cdot d_p \quad (2)$$

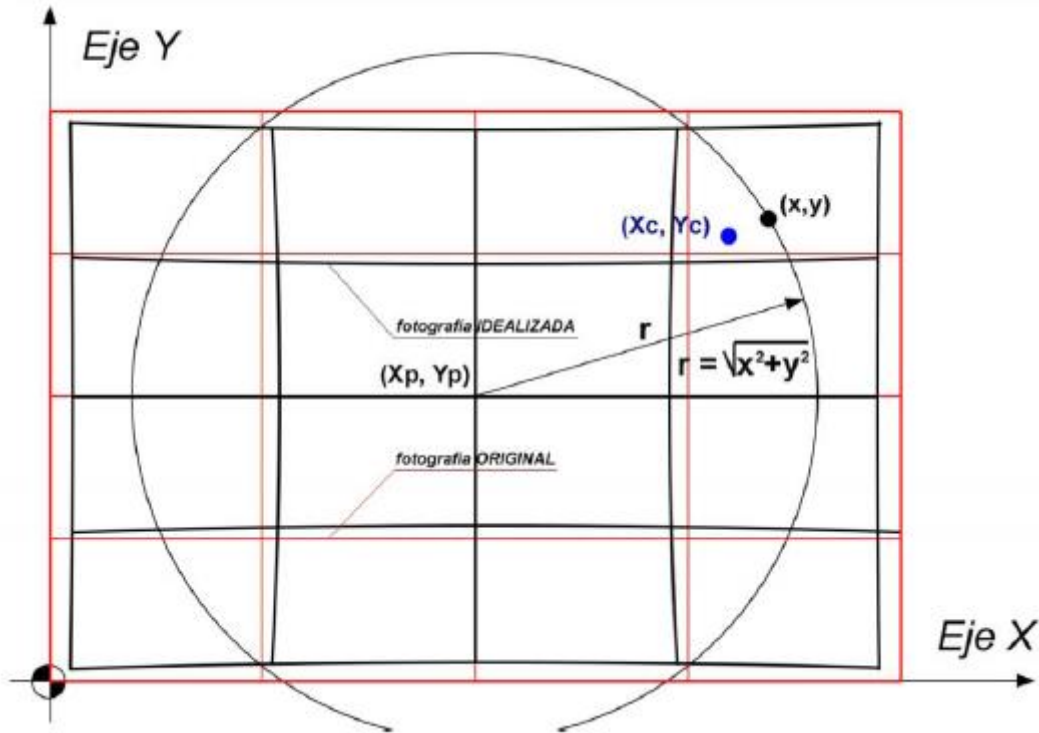
Donde "x_c" e "y_c" serían las coordenadas donde debe estar correctamente situado el punto. El término d_r corresponde a la distorsión radial de la lente que consideraremos simétrica respecto al punto principal en nuestro modelo. Siendo "r" la distancia radial al punto principal de la lente. Los términos "d_p" corrigen el efecto de descentrado de la lente. Para los algoritmos con los que trabaja el *PhotoModeler*, el término "d_r" es:

$$d_r = K1 \cdot r^2 + K2 \cdot r^4 + K3 \cdot r^6 \quad (3)$$

Este término "d_r" es un polinomio de grado seis que es un diferencial que proviene de la variación de la distancia radial, expresada por Sanjib K. Gosh:

$$\hat{r} = k_0 \cdot r + k_1 \cdot r^3 + k_2 \cdot r^5 + k_3 \cdot r^7 + \dots (4)$$

Diferenciado (4), renombrando los coeficientes y trasladando a nuestro sistema de referencia, se obtiene (3) eliminando los términos a partir del sexto grado.



Las ecuaciones que corrigen el descentrado de la lente se expresan de la siguiente forma, correspondiendo P_1 y P_2 a la imagen original:

$$x \cdot dp = P_1 \cdot (r^2 + 2 \cdot x^2) + 2 \cdot P_2 \cdot x \cdot y (5)$$

$$y \cdot dp = P_1 \cdot (r^2 + 2 \cdot y^2) + 2 \cdot P_2 \cdot x \cdot y (6)$$

Por tanto, el punto (x, y) es el pixel obtenido por la cámara y el (x_c, y_c) donde debería situarse si el modelo fuese ideal, por tanto la calibración de la cámara consistirá en darle a las siguientes ecuaciones resultantes los parámetros K_1, K_2, K_3, P_1 Y P_2 :

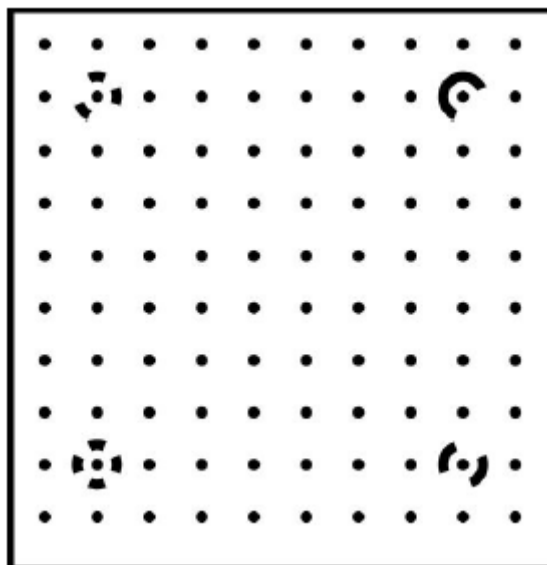
$$x_c = x + x \cdot (K_1 \cdot r^2 + K_2 \cdot r^4 + K_3 \cdot r^6) + [P_1 \cdot (r^2 + 2 \cdot x^2) + 2 \cdot P_2 \cdot x \cdot y] (7)$$

$$y_c = y + y \cdot (K_1 \cdot r^2 + K_2 \cdot r^4 + K_3 \cdot r^6) + [P_1 \cdot (r^2 + 2 \cdot y^2) + 2 \cdot P_2 \cdot x \cdot y] (8)$$

A parte de los parámetros antes indicados de las ecuaciones (7) y (8), el programa también calcula la distancia focal, el tamaño del formato de nuestro CCD en mm y el punto principal o centro imaginario de nuestra fotografía, que si el modelo fuese perfecto debería estar en el centro del formato anterior.

Para ello detallamos a continuación todo el "trabajo de campo" que hay que realizar para conseguir tal calibración.

En primer lugar, deberíamos imprimir una plantilla que nos ofrece el programa dentro del directorio de instalación, denominada "*PhotoModelerCalibrationGrid*" en formato PDF y que deberemos imprimir. Se aconseja que el tamaño de la misma sea en orden a las dimensiones del objeto a restituir. En objetos de tamaño normal pequeño podremos hacerlo en una hoja formato A4, en objetos de mayor tamaño o edificios, debemos recurrir a A2 o A0. El papel de impresión deberá tener un gramaje lo suficientemente alto como para que quede lo más liso posible después de su impresión, ya que cualquier arruga o doblez introduce un error considerable que acarrearíamos en el resto del proceso.



Plantilla de calibración.

Esta plantilla constituye un patrón de puntos uniformemente repartido, con un tamaño suficiente para que los algoritmos del programa puedan perfilar el contorno de cada uno de ellos y a partir de éste, calcular matemáticamente donde se encuentra su

centro (que puede coincidir o no con un pixel de la imagen). Dentro de la plantilla, tenemos dispuesto de manera distinta en cada uno de ellos y su fin es identificar de manera inequívoca a cada uno de estos puntos en las distintas fotografías que debemos tomar. Se podría decir que es algo similar a un código de barras.

Según cita el manual de *PhotoModeler*, es preciso realizar 12 fotografías a esta plantilla para calibrar un objeto a una distancia focal. En la práctica no son necesarias las 12 pero si aconsejables, ya que tendremos la certeza de que la calibración sea de mayor precisión

Una vez impresa la plantilla, debemos situarla sobre una superficie plana, lo suficiente iluminada para que se produzca un correcto contraste entre el fondo y los puntos de la misma. Durante la toma de fotografías, la plantilla debe permanecer fija en todo momento, lo que moveremos será la cámara alrededor de ella, haciendo tres tomas por cada lado de la plantilla (una por cada posición de cámara, es decir, horizontal, giro de 90° a la derecha y giro de 90° a la izquierda), intentando generar visuales de intersección que se aproximen a 90°. Estas indicaciones hacen que el uso del trípode sea imprescindible.

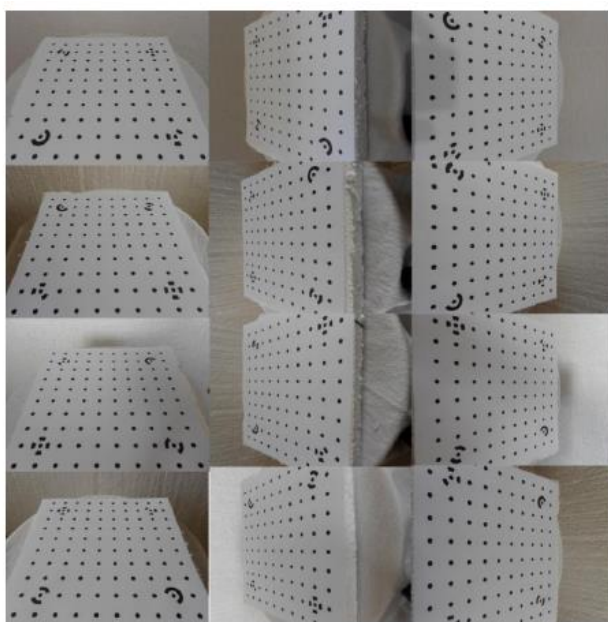
Lo comentado en el párrafo anterior son recomendaciones al proceso de fotografiado de la plantilla, sin embargo, otra parte importante es configurar correctamente la cámara fotográfica. Para ello se detallan a continuación los cambios en los parámetros necesarios que se han llevado a cabo en la cámara de este proyecto, Canon Eos 1000D y objetivo de 18-55mm:

- Desactivamos el enfoque automático de la cámara.
- En caso de que empleemos un objetivo multifocal, como es nuestro caso, lo situaremos en una de sus posiciones extremas y el enfoque en su posición extrema.
- Con la cámara situada en el trípode y puesta en modo manual, fijamos en un principio un valor ISO bajo, del orden de 100/200. Un valor de apertura alto, como puede ser f1 1 ó f1 6 y a partir de ahí ajustamos la velocidad de disparo para que la fotografía tenga luz suficiente.

- En el caso de que la cámara tenga la opción de bloquear el espejo un tiempo antes del disparo, lo haremos. El estabilizador de imagen también es preciso desactivarlo, por el hecho de que al emplear trípode su uso se hace innecesario.
- Estableceremos a cero todos los ajustes de contraste o colores que nos permita variar la cámara.
- La misión es obtener una fotografía con los datos más puros que sea posible. El giro automático también habrá que desactivarlo ya que luego PhotoModeler nos creará problemas en el momento de orientar las imágenes.
- Utilizaremos la mayor resolución de la cámara y si dispone de formato RAW, mucho mejor.

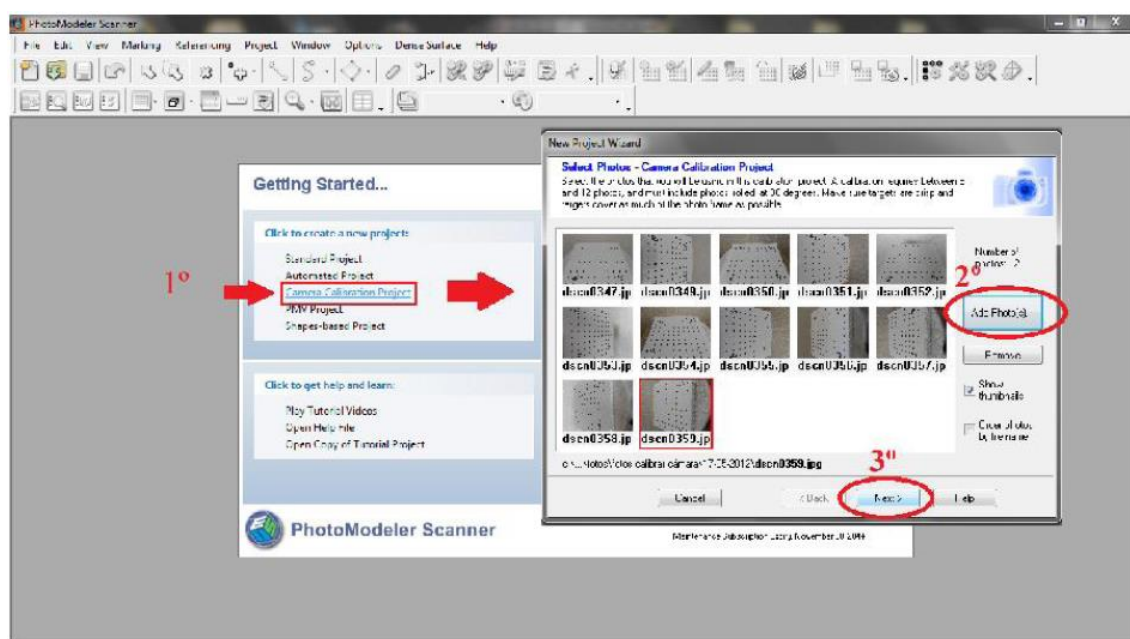
Todas estas recomendaciones sólo se podrían llevar a cabo en las cámaras fotográficas semiprofesionales o profesionales. Las compactas o de uso doméstico nos limitan en mayor medida la manipulación de estos ajustes. Una buena aproximación consistirá en marcar el modo paisaje en el seleccionador de escenas.

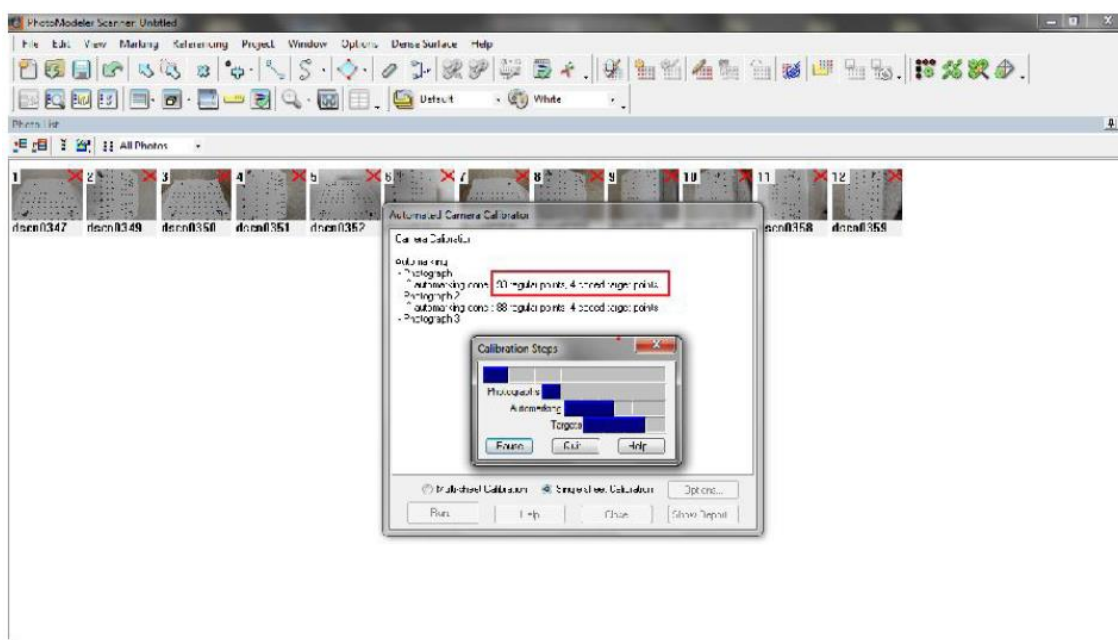
Siguiendo estas indicaciones, procedemos por tanto a la toma de fotografías de la plantilla.



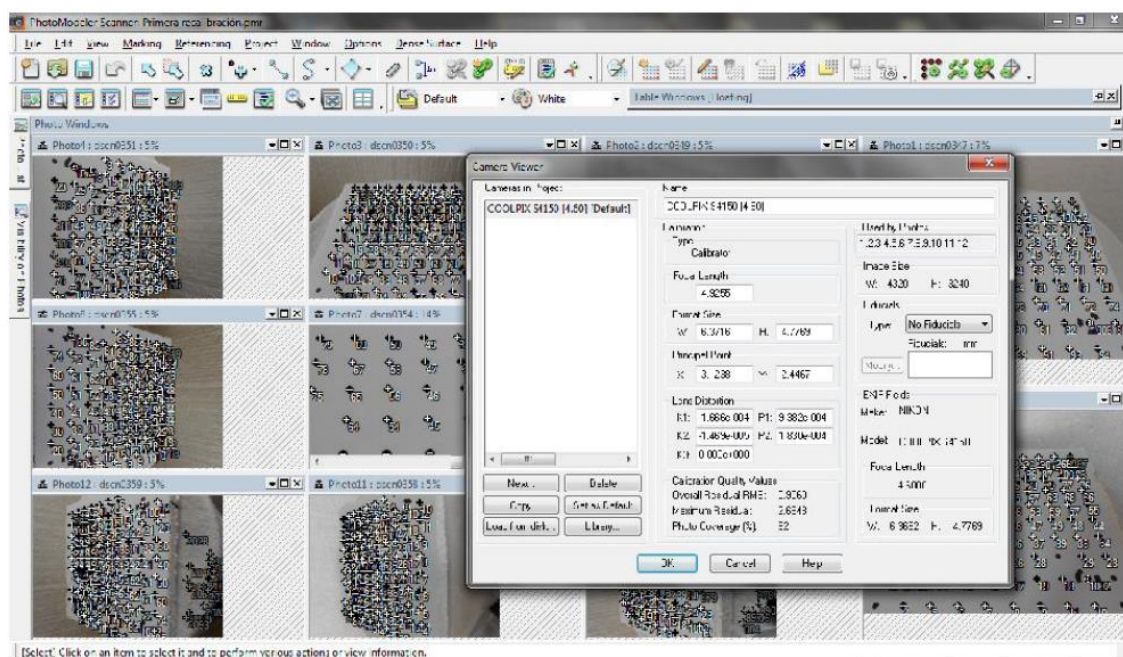
Esta Secuencia de fotografías necesita que PhotoModeler las procese para obtener los datos necesarios para la correcta calibración. Para ello ejecutamos el programa y seleccionamos en su pantalla de arranque la opción "*Camera Calibration Project*". De seguido una ventana emergente nos indicará que busquemos el directorio donde se encuentran las imágenes de la plantilla que hemos fotografiado. Cargamos todas las imágenes e iniciamos la calibración.

Como se muestra en la figura los algoritmos de PhotoModeler localizan los puntos de la plantilla (96) y los cuatro de control. Estos últimos requieren especial importancia ya que son los que el programa otorga mayor peso en la orientación al ser dianas codificadas. No es preciso que salgan todos los puntos normales de la plantilla, ni que los reconozca todo el programa, sin embargo, los cuatro codificados deben aparecer correctamente en todas las imágenes para que PhotoModeler pueda orientarse y calcular de manera precisa los parámetros de la cámara que estamos calibrando.



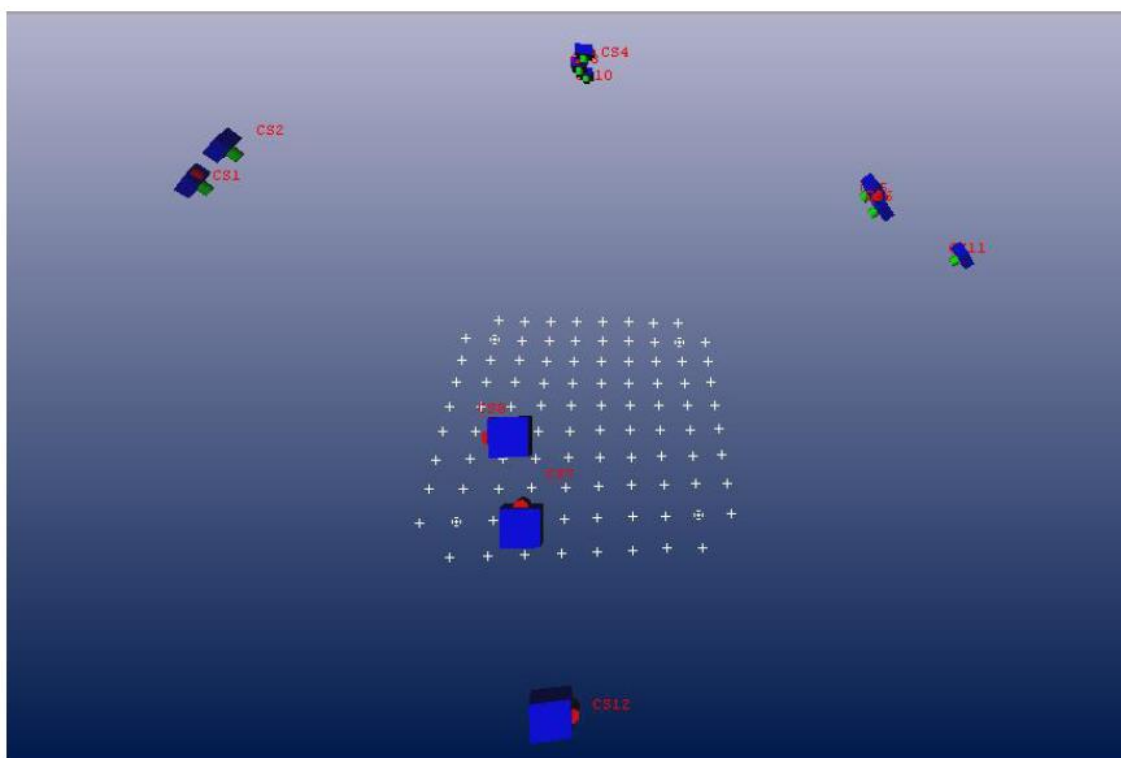


Cuando el proceso de cálculo finaliza, nos muestra todos los puntos de las fotos referenciados entre sí, así como los puntos de control. Si no ha localizado alguno de ellos podremos reverenciario manualmente con la opción "*Sub-pixel target Mode*" o pulsando directamente la tecla "S". Nos dará la opción de recuadrar el punto en cuestión y automáticamente encuentra su centro para reverenciario con el resto.



En la ventana "*Camera Viewer*" nos detalla las características reales de la cámara que hemos calibrado así como los parámetros necesarios para tal calibración, como es el K1, K2, P1 y P2. En caso de que dispusiera de más cámaras calibradas, en esta ventana podríamos escoger la que quisiéramos para ejecutar el proyecto de restitución. En la imagen se detalla cómo se han hecho las fotografías en las diferentes posiciones y la excelente capacidad que posee PhotoModeler para orientarlas de manera muy sencilla.

Por tanto, con este procedimiento disponemos ya de una cámara calibrada para poderla emplear en nuestros trabajos de restitución para una distancia focal concreta. Lo aconsejable es disponer de una cámara calibrada para cada distancia focal empleada.



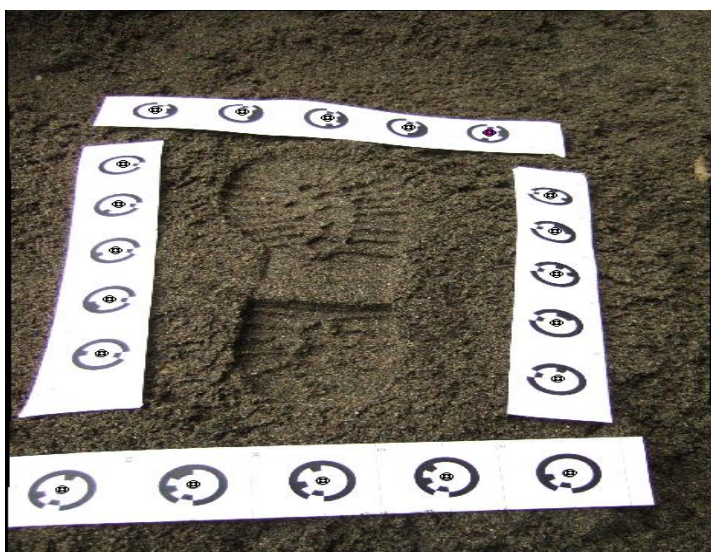
3.2.2.2. GENERACIÓN DE DIANAS.

El paso previo a la toma de fotografías del objeto que queremos restituir es la creación de unas dianas de control.

Las dianas o "*targets*" son elementos de ayuda en el proceso de restitución de los modelos reales. Son los elementos que nos permiten acceder a puntos reales en el espacio tridimensional, que nunca en términos matemáticos corresponderán con un píxel de nuestra imagen. Los algoritmos de cálculo de PhotoModeler permiten obtener, a partir de determinadas formas introducidas en las fotografías, puntos, cuya posición tridimensional está inferida de estas formas especiales, y que tendrán una precisión denominada subpíxel, al no corresponder con los píxeles de la imagen.

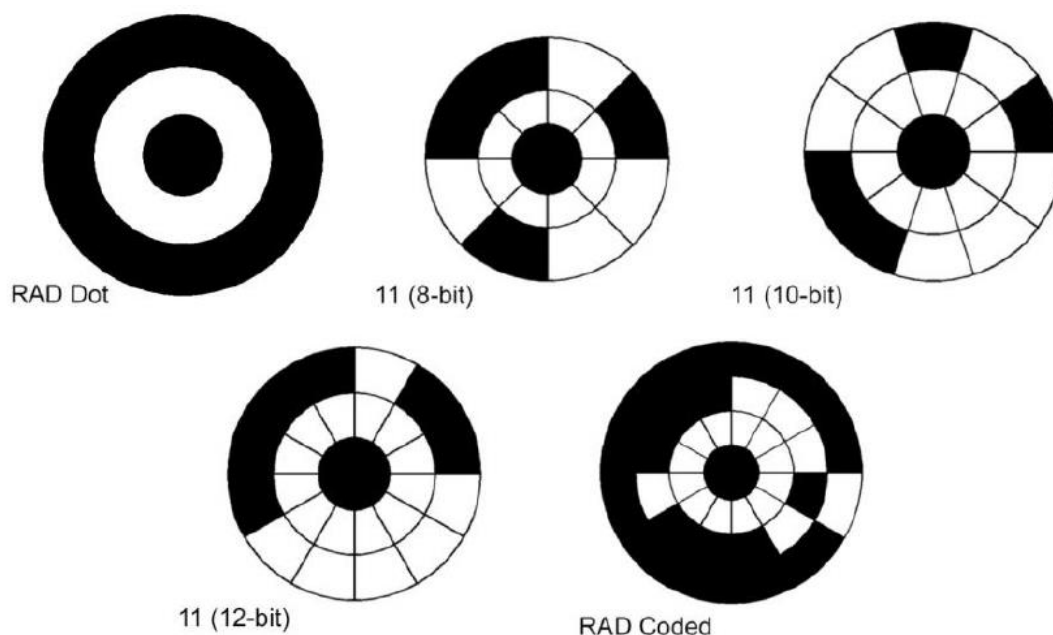
Las dianas son básicamente de dos tipos, las "*Coded targets*", dianas codificadas y las "*targets*" que son puntos circulares. Las codificadas se reconocen como únicas, como un código de barras asociado a ese punto, asignándole un identificador único y reconociéndolo con las demás fotografías.

PhotoModeler dispone de unas herramientas para generar las dianas que necesitamos y para ello crea unas plantillas en archivos "*postscripts*" *.PS, para enviarlos a una impresora. Disponemos de diferentes tipos de dianas y dependiendo del tipo, PhotoModeler genera un número limitado de ellas.



Las dianas que PhotoModeler realiza suelen ser de un tamaño inferior al adecuado y no nos permite, debido a cómo realiza la maquetación del archivo que genera, manejarlas como nos interesa. Según las necesidades podemos distinguir los distintos tipos de dianas:

- **Punto o "dot":** es la diana más simple, tanto en aspecto como a la hora de generarla. Su uso más habitual en levantamiento y restitución de edificios habituales o en una excavación arqueológica. Al no estar codificadas, no pueden ser automáticamente referenciadas.
- **"RAD Dot" (Ringed Automatically Detected):** es un punto rodeado de un anillo de detección automática. En este modelo, PhotoModeler tiene un elemento adicional, este anillo, para comparar los centros e inferir lo que va a considerar el centro de la diana más exactamente.
- **Diana de "8 bit Coded":** de este tipo, el programa sólo genera 25. Podríamos generar con un programa CAD un mayor número de ellas, pero los algoritmos de cálculo del programa no las reconocerían. En la figura 3.43 se puede ver que la circunferencia se divide en sectores de 45°.
- **Dianas de 10-bit:** igual que la anterior pero se dividen los 360° en 10 partes iguales. Pasamos de las 25 dianas anteriores a 45. Se suelen utilizar para trabajos forenses de reconstrucción de accidentes de tráfico, impresas en material reflectante.
- **Dianas de 12-bit:** La circunferencia se divide en sectores de 30°. De este tipo se reconocen 161, en proyectos de piezas pequeñas es muy común usar dianas de este tipo.
- **"RAD Coded":** posee un anillo a mayores de las anteriores, se pueden generar 999. Salvo en las estrictas condiciones de laboratorio, se emplean menos que las anteriores ya que su tamaño a igual de objeto es superior. Son muy útiles en excavaciones arqueológicas.



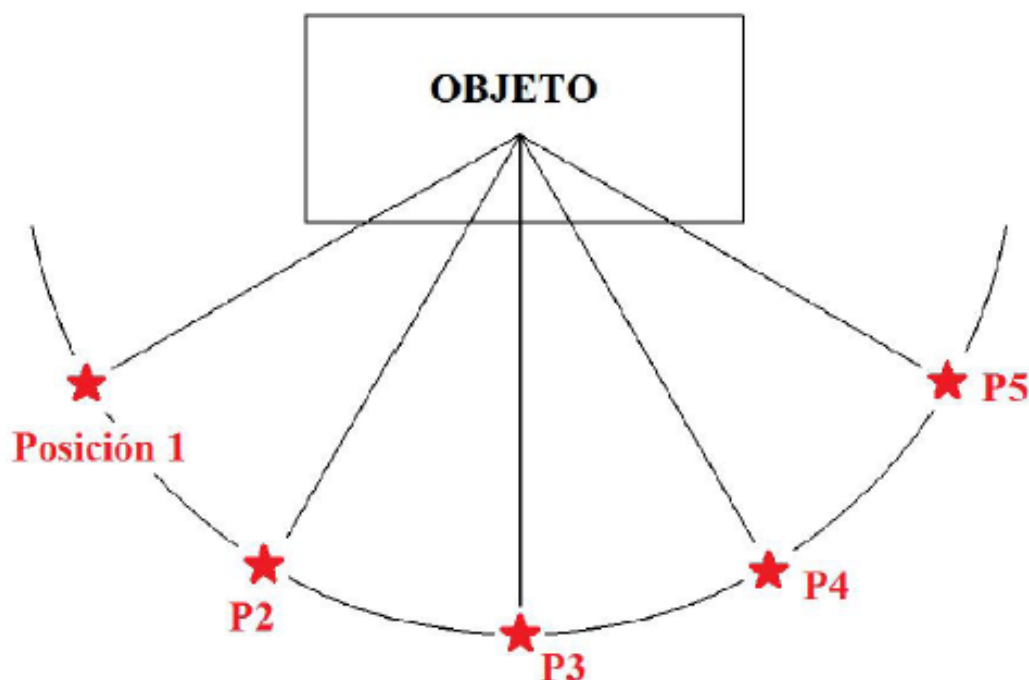
En la figura, salvo la diana RAD Dot y la RAD Coded, el resto muestran un mismo número, el 11, en diferentes tipos de codificación.

3.2.2.3. REALIZACIÓN DE LAS FOTOGRAFÍAS.

Esta parte es la que puede considerarse como verdadero trabajo de campo y que, debido a la importancia que aporta para la posterior precisión del modelo, es necesario prestar especial atención a la hora de llevarla a cabo.

Previamente a la toma de fotografías como tal, hay que distribuir y colocar todo el material que vamos a utilizar.

El manual de PhotoModeler indica que debemos realizar visuales sobre el objeto en torno a los 90° y cubriendo un semicírculo enfrente al lado del objeto que vamos a capturar. En la imagen se muestra de manera muy esquemática y en planta el itinerario a seguir.



La secuencia de fotos comienza, iremos moviendo la cámara en las graduaciones marcadas hasta barrer los 180°. Al final repetiremos todo el proceso subiendo el trípode una altura de 6 cm, ya que PhotoModeler recomienda, para generar nubes de puntos de calidad, pares fotográficos con relaciones b/h entorno a 0,1-0,15. Donde "b" corresponde a la diferencia de altura entre dos fotografías tomadas con el mismo ángulo y "h" la distancia con respecto al objeto a restituir, o lo que es lo mismo, el radio de la semicircunferencia antes mostrada.

Con todo esto, se realizan las fotografías de cada objeto en muy poco espacio de tiempo debido a la agilidad que procura este método. Como la cámara las genera en formato RAW, previamente a poderlas introducir en PhotoModeler, es preciso convertirlas con Adobe PhotoShop a formato JPG, que sí reconoce PhotoModeler.

3.2.2.4. RESTITUCIÓN POR NUBE DE PUNTOS.

En esta parte, vamos a detallar todo el trabajo y las etapas del mismo que es necesario realizar, para poder restituir un objeto en 3D con ayuda de PhotoModeler en su versión Scanner.

Esta versión nos permite dos métodos de restitución de modelos:

- Por geometrías, es decir, referenciamos una cantidad de puntos, ya sean dianas codificadas y/o dianas naturales (marcas en los objetos), para posteriormente unir creando diferentes cuerpos geométricos sobre los que se les proyectará la textura que les corresponda. Es un método muy manual y en el que en objetos de grandes dimensiones o edificios se pueden conseguir buenas precisiones.
- Por nube de puntos, el programa genera nubes de puntos densas, con calidad métrica y que será el método escogido en este proyecto por la precisión que otorga.

La creación y manipulación de la nube de puntos tiene una categoría propia denominada "*Dense Surface Tools*".

De entre todas las herramientas disponibles la más importante es la "Create Dense Surface". Con ella le damos al programa todos los parámetros adecuados para obtener una buena restitución. Si la ejecutamos, nos abre una ventana que se divide en tres partes.

- "*Information and Warnings*": muestra la información general del proyecto y algún comentario sobre los parámetros que estamos utilizando, si son aceptables o no, etc.
- "*Photos*": muestra el ratio b/h de los pares fotográficos generados.
- "*Settings*": en ella podemos distinguir:

- "Sampling rate": indica la distancia entre puntos que la restitución debe buscar.
- "Depth range": o rango de profundidad indica la distancia tanto por delante como por detrás que existe respecto a un plano de referencia.
- "Sub-pixel": al marcar esta opción se obliga al algoritmo de cálculo que utilice este método. Los datos serán más precisos pero el proceso más lento.
- "Super-sampling factor": es un parámetro de cálculo utilizado con el método anterior y hace referencia a la cantidad de bucles a realizar por el algoritmo para dar una solución. Cuanto mayor sea, más lento será el proceso, pero las superficies serán menos onduladas.
- "Matching region radius": hace referencia al tamaño de la zona correlacionada entre dos fotografías de restituir puntos. Es un parámetro fundamental en el ajuste y precisión de la nube.
- "Texture type": en una escala del 1 al 10 marcamos la calidad de la textura de la nube de puntos, siendo 1 la textura ideal o casi perfecta y 10 una mala o poco eficaz el valor.

3.3. MUNDOS VIRTUALES

Un mundo virtual consiste en la simulación de mundos o entornos denominados virtuales en los que el hombre interacciona con la máquina en entornos artificiales semejantes a la vida real. Sus aplicaciones son múltiples y abarcan un gran número de posibilidades, entre las cuales se pueden destacar las siguientes:

Educativas: Al contar con la posibilidad de simular situaciones semejantes a la vida real, un profesor puede transportarse a cualquier lugar del mundo y así explicar a sus alumnos de una manera más real que con las tradicionales fotografías. Ejemplo que podemos ver en la figura 0-01, en la que se puede observar la Capilla Sixtina, donde el profesor puede dar sus clases sin tener que desplazarse ni él ni sus alumnos a Roma.



Capilla Sixtina en mundo virtual

Otra aplicación educativa puede ser la dirigida a sectores profesionales como por ejemplo bomberos, policías o personal sanitario, para saber cómo deben de comportarse y qué hacer en caso de que sucedan situaciones extremas que pongan a prueba su capacidad de reacción. Además, no solo se aprende como actuar en este tipo de situaciones, sino que en algún entorno virtual podemos encontrar disponibles

diferentes herramientas y sistemas de aprendizaje de habilidades concretas (aprender a evacuar, tratamientos críticos, admisión, instrumental médico...). Y no sólo desde el punto de vista de las personas, sino que también ofrece la posibilidad de comprobar como reaccionará un edificio ante catástrofes como terremotos, inundaciones, ataques terroristas etc.

Empresariales: Gracias a los mundos virtuales, una empresa puede expandir su número de clientes o modificar su modelo de negocio. Se puede gestionar el negocio "real" mediante sucursales "virtuales". Incluso se puede desarrollar un negocio cuyo ámbito sea exclusivo para estos mundos.

Algunas compañías cuentan con una sala de videoconferencia, que permite trabajar de una manera mucho más eficiente, cómoda y barata. Se puede observar en la figura 0-02 a 5 personas de una empresa debatiendo problemas desde distintos lugares del mundo (Madrid, Zurich, Buenos Aires, y Pamplona). Esto le supuso a la empresa un ahorro de 30000 kilómetros de viaje, 300 horas de vuelo, y 9000 euros.



Reunión de trabajo en mundo virtual

Ocio: El ejemplo más claro es el de los videojuegos, ya que es algo utilizado por millones de personas en su tiempo libre. También se puede utilizar para interactuar con personas de distintos puntos del planeta, de forma mucho más real de la que se hace en los chats, ya que permite realizar actividades como bailar, dar un paseo, sentarse en un banco etc.

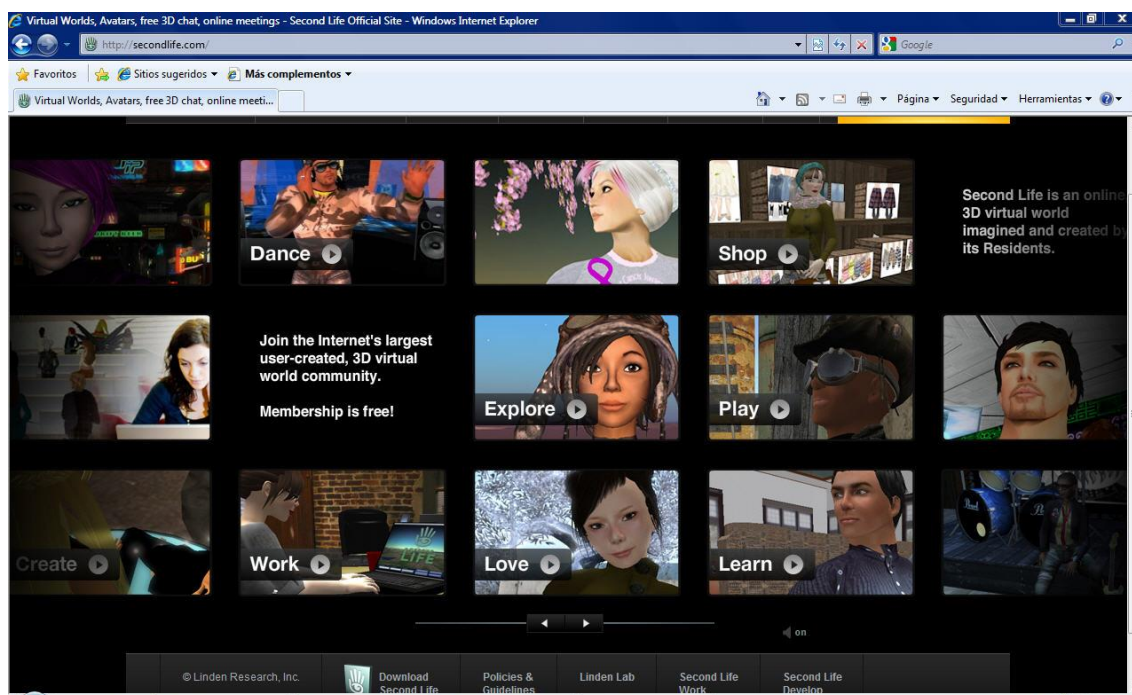
A muchas personas les causa nostalgia recordar momentos de sus vidas, y esto es algo que pueden hacer gracias a la recreación de tiempos pasados dentro de los mundos virtuales, así por ejemplo podemos ir de fiesta por la movida madrileña.

También es utilizado por los amantes de la conducción, ya sea de coches, aviones, trenes... que pueden sentirse a los mandos de ellos de manera sencilla. Por ejemplo, podemos conducir un Mercedes clase C, como el de la figura 0-03, cuyo valor en la vida real supera los 30000 euros, así como el Concorde, que actualmente está en desuso.



Conducción en mundo virtual

Además se puede complementar con la vestimenta que el usuario prefiera. Uno de los mundos virtuales más conocidos es *Second Life*, que nació en el año 2003 desarrollado por Linden Research Inc. En él, los residentes interactúan entre ellos mediante avatares. Los avatares son personajes que pueden adoptar diferentes rasgos físicos (altura, peso, rasgos faciales etc). Muchas personas tratan de diseñar un avatar que se asemeje lo más posible a sus características personales, con el fin de sentirse representado por él. En la figura 0-04 podemos ver la página oficial de *Second Life*, en la que se pueden apreciar los diferentes avatares de los usuarios.



Página oficial de Second Life

Al igual que en el mundo real, existen una serie de normas de convivencia, sin embargo cada uno puede comportarse de la forma que quiera debido a la inexistencia de represalias.

Otra característica de *Second Life*, es que cuenta con su propia moneda (el Linden Dollar) que además de ofrecerte la posibilidad de comprar terrenos u otro tipo de bienes en el mundo virtual (ropa, coches, construcciones etc) puede ser canjeada por dinero real en determinados bancos virtuales que permiten realizar este tipo de cambio. Tal es la importancia del Linden Dollar que tiene cotización en bolsa, sufriendo variaciones de su valor diariamente.

Algunas ciudades o instituciones, ya tienen una réplica virtual. Así pueden darse a conocer de una manera más accesible. Varios ejemplos podemos encontrarlos en la figura 0-05, en la que podemos ver de izquierda a derecha y de arriba abajo Ámsterdam, Barcelona, Madrid (edificio Caja Madrid), Nueva York y Washington.



Lugares del mundo

Uno de los inconvenientes que presenta *Second Life* es su alto precio, motivo por el cual, en este proyecto, se ha optado por otro mundo virtual alternativo, el *Unity 3D*

3.3.1. UNITY 3D

Unity es un ecosistema de desarrollo de juegos: un potente motor de renderizado totalmente integrado con juego completo de herramientas intuitivas y flujos de trabajo rápidos para crear contenido 3D interactivo; publicación multiplataforma fácil, miles de activos de calidad, listos para usar en la Tienda de Activos y una comunidad de intercambio de conocimientos.

Para los desarrolladores y estudios independientes, el sistema democrático de *Unity* rompe las barreras de tiempo y costos para la creación de juegos de una belleza única. Están utilizando *Unity* para ganarse la vida haciendo lo que les encanta: crear juegos que sean atractivos y deleiten a los jugadores en cualquier plataforma.

Unity es un motor de videojuego multiplataforma creado por *Unity Technologies*.

Unity está disponible como plataforma de desarrollo para Windows y OS X, y permite crear juegos para *Windows, OS X, Linux, Xbox 360, PlayStation 3, Wii, Wii U, iPad, iPhone y Android*. Gracias al Plug-In Web de *Unity*, también se pueden desarrollar

juegos de navegador, para Windows y Mac. Su última versión, la 4.2, fue lanzada en julio de 2013. Desde la página oficial se pueden descargar dos versiones: Unity y Unity Pro.

3.3.1.1. PLATAFORMA DE DESARROLLO

La primera versión de *Unity* se lanzó en la Conferencia Mundial de Desarrolladores de Apple en 2005. Fue construido solamente para funcionar y generar proyectos en los equipos de la plataforma Mac y obtuvo el éxito suficiente como para continuar con el desarrollo del motor y herramientas. *Unity 3* fue lanzado en septiembre de 2010 y se centró en empezando a introducir más herramientas que los estudios de alta gama por lo general tienen a su disposición, con el fin de captar el interés de los desarrolladores más grandes, mientras que proporciona herramientas para equipos independientes y más pequeñas que normalmente serían difíciles de conseguir en un paquete asequible. La última versión de *Unity*, *Unity 4*, lanzada a finales de 2012, se anunció en junio de 2012 e incluye añadidos como *Mecanim animation*, soporte para DirectX 11 y soporte para juegos en Linux.

Unity soporta la integración con *3ds Max*, *Maya*, *Softimage*, *Blender*, *Modo*, *ZBrush*, *Cinema 4D*, *Cheetah3D*, *Adobe Photoshop*, *Adobe Fireworks* y *Allegorithmic Substance*. Los cambios realizados a los objetos creados con estos productos se actualizan automáticamente en todas las instancias de ese objeto durante todo el proyecto sin necesidad de volver a importar manualmente.

El motor gráfico utiliza *Direct3D (Windows)*, *OpenGL (Mac, Linux)*, *OpenGL ES (Android, iOS)*, y *APIs propietarias (Wii)*. Tiene soporte para mapeado de relieve, reflexión de mapeado, mapeado por paralaje, pantalla de espacio oclusión ambiental (SSAO), sombras dinámicas utilizando mapas de sombras, render a textura y efectos de post-procesamiento de pantalla completa.

Se usa *ShaderLab language* para el uso de *shaders*, soporta tanto programación declarativa de los programas de función fija de tuberías y *shader GLSL* o escritas en Cg. Un shader puede incluir múltiples variantes y una especificación declarativa de reserva, lo que permite a *Unity* detectar la mejor variante para la tarjeta de vídeo actual y si no

son compatibles, recurrir a un shader alternativo que puede sacrificar características para una mayor compatibilidad.

El soporte integrado para *Nvidia* (antes *Ageia*), el motor de física *PhysX*, (a partir de *Unity 3.0*) con soporte en tiempo real para mallas arbitrarias y sin piel, ray casts gruesos, y las capas de colisión.

El scripting viene a través de Mono. El script se basa en Mono, la implementación de código abierto de *.NET Framework*. Los programadores pueden utilizar *UnityScript* (un lenguaje personalizado inspirado en la sintaxis *ECMAScript*), *C#* o *Boo* (que tiene una sintaxis inspirada en Python). A partir de la versión 3.0 añade una versión personalizada de *MonoDevelop* para la depuración de scripts.

Unity también incluye *Unity Asset Server* - una solución de control de versiones para todos los assets de juego y scripts, utilizando *PostgreSQL* como backend, un sistema de audio construido con la biblioteca FMOD, con capacidad para reproducir audio comprimido *Ogg Vorbis*, reproducción de vídeo con códec Theora, un motor de terreno y vegetación, con árboles con soporte de billboard, determinación de cara oculta con Umbra, una función de iluminación lightmapping y global con Beast, redes multijugador *RakNet* y una función de búsqueda de caminos en mallas de navegación.

Unity 3.5

Unity 3.5 fue uno de los grandes lanzamientos que ha salido de la plataforma de desarrollo de *Unity* y añade un montón de nuevas características y mejoras en la tecnología existente. Estos incluyen el sistema de partículas *Shuriken*, *navmesh* para pathfinding y evasión de obstáculos, iluminación del espacio líneal (gamma correcta), renderizado HDR, multi-threaded rendering, sondas de luz, despliegue *Google Native Client*, reescrito desecho oclusión, una función de nivel de detalle apoyo, Adobe Flash Player add-on para vista previa, perfilador de GPU, y lightmaps direccionales.

□

Unity 4

Unity 4 fue anunciado el 18 de junio de 2012 e incluye varias características adicionales a la tecnología de *Unity*. El proceso de liberación de *Unity 4*, al igual que las versiones anteriores, se incluye con varias actualizaciones con las características adicionales a lo largo de su vida útil, como la nueva interfaz gráfica de usuario retenido, lo cual es debido en una futura actualización 4.x.

Mecanim es la tecnología de animación de *Unity*, que ha estado en desarrollo durante años, primero por la empresa del mismo nombre, a continuación, por las oficinas de *Unity* en Canadá, después de su adquisición. La tecnología está diseñada para llevar el movimiento fluido y natural de los personajes con una interfaz eficiente. *Mecanim* incluye herramientas para la creación de máquinas de estados, árboles de mezcla, manipulación de los conocimientos indígenas y retargeting automático de animaciones, desde el editor de *Unity*.

Además, una serie de animaciones redestinables estarán disponible en *Unity Asset Store de Unity* tras el lanzamiento de la herramienta. Muchos de estos archivos de animación de captura de movimiento son proporcionados sin costo por Unity Technologies. Otros proveedores de *Asset Store* también ofrecerá animaciones para su uso con *Mecanim*, ya sea de forma gratuita o de pago.

Unity 4 es compatible con *Microsoft DirectX 11*.

Mejores gráficos móviles

Unity 4 cuenta con sombras en tiempo real en móviles, creación de instancias, malla de piel, la capacidad de utilizar los mapas normales cuando usas mapas de lightmaps, y un refinado perfilador de GPU. Es fácil de hacer gráficos de gama alta escalables a los modernos PCs y chips gráficos móviles.

Unity add-on para Adobe Flash Player

El despliegue de Adobe Flash Player add-on también empieza con *Unity 4.0*. Mientras que el despliegue ha sido posible para las personas con *Unity beta 3.5* compatible, la versión final de la implementación del add-on requiere *Unity 4*.

Unity 4 también incluye una nueva opción de implementación para publicar juegos en el escritorio de Linux.^{[6] [7] [8]} Si bien la implementación del add-on puede trabajar con diversas formas de Linux, el desarrollo se centra principalmente en Ubuntu en su liberación primaria.^[9] Esta opción de despliegue se proporcionará a todos los usuarios de *Unity 4*, sin costo adicional.^[10] Los ingenieros de *Unity* trabajaron con el equipo de Ubuntu de Canonical para los juegos.

Unity 4 adiciones y mejoras

- Sistema de partículas *Shuriken* soporta fuerzas externas, normales de *Bent* y eliminación automática.
- Soporte texturas 3D
- Navegación: obstáculos dinámicos y prioridad de evasión.
- Optimizaciones importantes en el rendimiento y uso de memoria de *UnityGUI*.
- Fuentes dinámicas en todas las plataformas con HTML como marcado.
- Depuración remota de *Unity Web Player*.
- Nuevos flujos de trabajo en la ventana de proyecto.
- Mapa iterativo de *lightmap*.
- Componentes basados en refinados de flujos de trabajo.
- Inspectores extensible para clases personalizadas.
- Mejorado el pipeline de importación de *Cubemap*.
- Mejoras en datos geométricos para una memoria enorme y ahorro en rendimiento.
- Las mallas se pueden construir a partir de figuras geométricas no-triángulo— para hacer puntos y líneas eficientemente.
- Búsqueda, vista previa en vivo y compra de *Assets* del *Asset Store* desde la ventana del proyecto.

Plataformas "Crear una vez, Implementar en todas partes"

Unity soporta el despliegue de múltiples plataformas. *Unity* le permite orientar todas las plataformas y cambiar entre ellas desde una sola herramienta. Dentro de un proyecto que tiene control sobre la implementación a todas las plataformas, incluyendo teléfonos móviles, webs, escritorios y consolas. *Unity* hace que sea fácil de mantener el código de trabajo a través de muchos dispositivos de abstracción de la mayoría de las diferencias de la plataforma, manteniendo la opción para tener un control preciso

cuando sea necesario. *Unity* también permite la especificación de compresión de texturas y ajustes de resolución para cada plataforma para la que un juego es compatible. Esto significa que un solo archivo de alta resolución funcionará para todos los destinos. Al tomar el duro camino del proceso de desarrollo y hacer todo el trabajo de fondo, *Unity* permite a los desarrolladores centrarse en hacer juegos.

Plataformas soportadas actualmente

Windows, Linux, Mac, Android, iOS, Unity Web Player, Adobe Flash Player, PlayStation 3, Xbox 360, y Nintendo Wii.

Próximas plataformas soportadas[[editar](#) · [editar código](#)]

Windows 8, Windows Phone 8, Nintendo Wii U, BlackBerry 10.

4. Metodología

4. METODOLOGÍA

4.1. MEDICIONES

Anteriormente a realizar el modelado, se hizo necesario tomar medidas de todos los elementos de los que se componen las aulas a estudiar, tanto de la parte estructural de las dependencias como del mobiliario que conforma las mismas. Para este proceso, se utilizaron diferentes instrumentos de medición, los cuales fueron facilitados por el tutor del proyecto.

Los recursos utilizados para la medición fueron los siguientes:

Metro láser: Se ha utilizado un metro láser de la marca LEICA modelo DISTO D3 (ANEXO1).

La utilización del metro láser para tomar medidas se usó prioritariamente para medir los laboratorios de mecanizado y aseos, ya que comprende las medidas más grandes, que el metro tradicional no puede alcanzar, además de su mayor precisión y comodidad.

A la hora de medir las máquinas del laboratorio de mecanizado, debido a sus dimensiones también se utilizó este elemento de medida, con la ayuda del metro estándar. Se midió también puertas ,ventanas y otro tipo de mobiliario en el que se apreciaba que era más sencilla la medición a través de este método..



Metro láser

Metro estándar: principalmente fue utilizado en zonas interiores y de fácil acceso,

tales como: marcos de las puertas, máquinas más pequeñas, papeleras, herramientas, etc.

Se comenzó la toma de medidas por el perímetro interior de todas las aulas que se van a trabajar, la altura, la profundidad de los muros, las ventanas, etc y todos los elementos uno a uno hasta completar el mobiliario y máquinas de cada laboratorio o estancias.

4.2. FOTOGRAFÍAS

Para la realización de las fotografías se ha empleado una cámara Canon EOS 1000D, (ANEXO 2: Canon EOS 1000D), y un trípode.

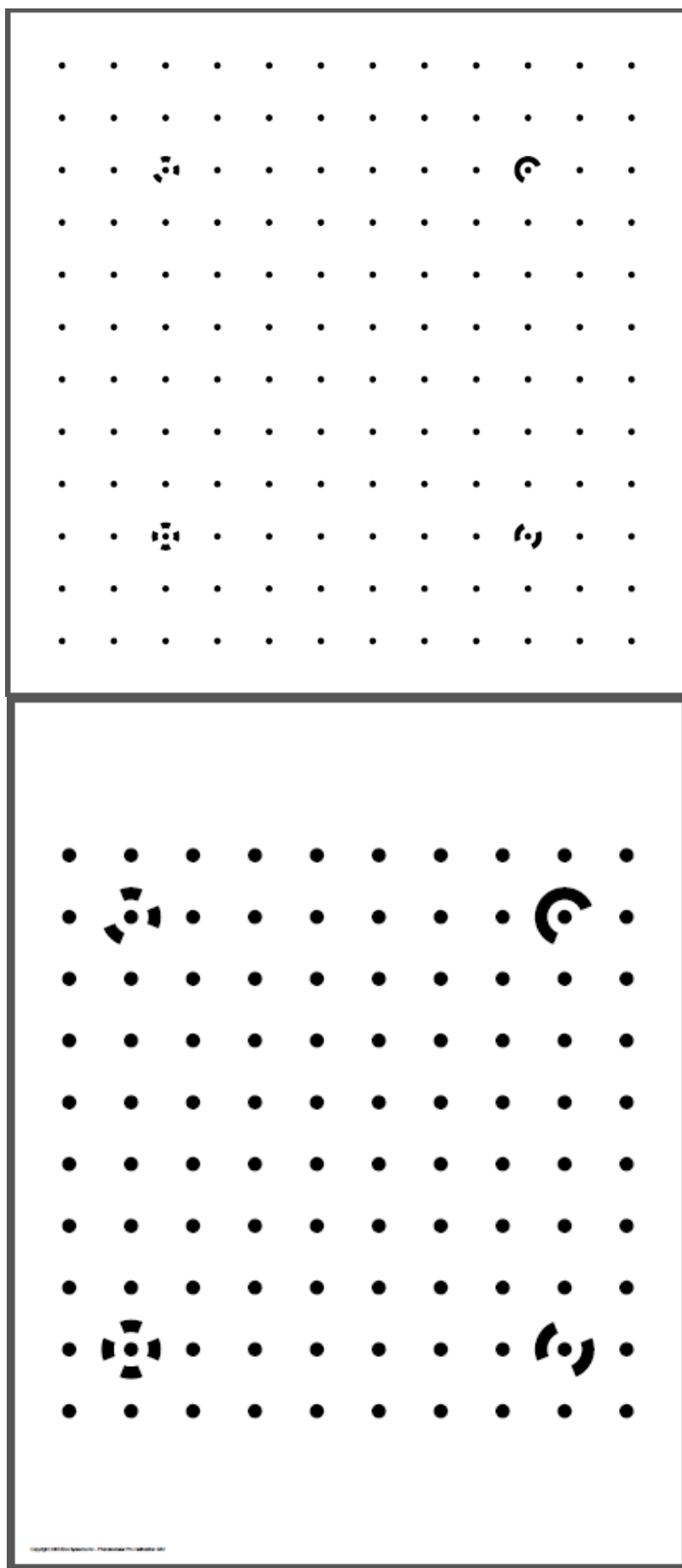
Como elementos secundarios y de apoyo también se ha empleado cuerda para marcar las distancias, goniómetro y en algunos casos el medidor laser.

Debido a que las fotografías serán destinadas para un proceso de restitución fotogramétrica, el uso de unas dianas o marcadores, que el mismo programa nos facilita, ha sido imprescindible.

1. Calibración de la cámara fotográfica.

Aunque no se trata de un paso imprescindible a la hora de trabajar con *PhotoModeler Scanner*, sí es muy aconsejable, al menos en su primera toma de contacto, realizar la calibración de la cámara por el método que el mismo programa nos propone.

PhotoModeler Scanner nos facilita dos plantillas de calibración en formato pdf en su carpeta de instalación.



En este proyecto se ha utilizado la última plantilla de calibración.

Una vez impresa la plantilla, debemos situarla sobre una superficie plana, lo suficientemente iluminada para que se produzca un correcto contraste entre el fondo y los puntos de la misma. Durante la toma de fotografías, la plantilla debe permanecer fija en todo momento, lo que moveremos será la cámara alrededor de ella, haciendo tres tomas por cada lado de la plantilla (una por cada posición de cámara, es decir, horizontal, giro de 90° a la derecha y giro de 90° a la izquierda), intentando generar visuales de intersección que se aproximen a 90°.

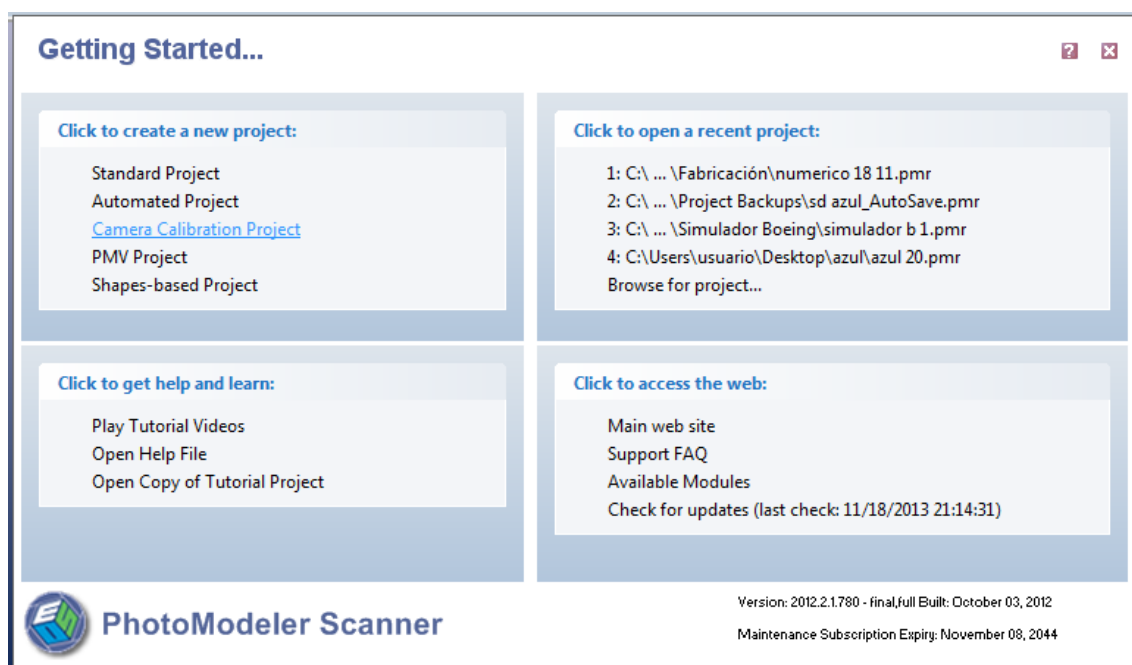
Utilizaremos el trípode para una mayor precisión.

Otra parte importante es configurar correctamente la cámara fotográfica. Para ello se detallan a continuación los cambios en los parámetros necesarios que se han llevado a cabo en la cámara de este proyecto, Canon Eos 1000D y objetivo de 18-55mm:

- Desactivamos el enfoque automático de la cámara.
- En caso de que empleemos un objetivo multifocal, como es nuestro caso, lo situaremos en una de sus posiciones extremas y el enfoque en su posición extrema.
- Con la cámara situada en el trípode y puesta en modo manual, fijamos en un principio un valor ISO bajo, del orden de 100/200. Un valor de apertura alto, como puede ser f1 1 ó f1 6 y a partir de ahí ajustamos la velocidad de disparo para que la fotografía tenga luz suficiente.
- En el caso de que la cámara tenga la opción de bloquear el espejo un tiempo antes del disparo, lo haremos. El estabilizador de imagen también es preciso desactivarlo, por el hecho de que al emplear trípode su uso se hace innecesario.
- Estableceremos a cero todos los ajustes de contraste o colores que nos permita variar la cámara.

- La misión es obtener una fotografía con los datos más puros que sea posible. El giro automático también habrá que desactivarlo ya que luego PhotoModeler nos creará problemas en el momento de orientar las imágenes.
- Utilizaremos la mayor resolución de la cámara y si dispone de formato RAW, mucho mejor.

Esta Secuencia de fotografías necesita que PhotoModeler las procese para obtener los datos necesarios para la correcta calibración. Para ello ejecutamos el programa y seleccionamos en su pantalla de arranque la opción "*Camera Calibration Project*".

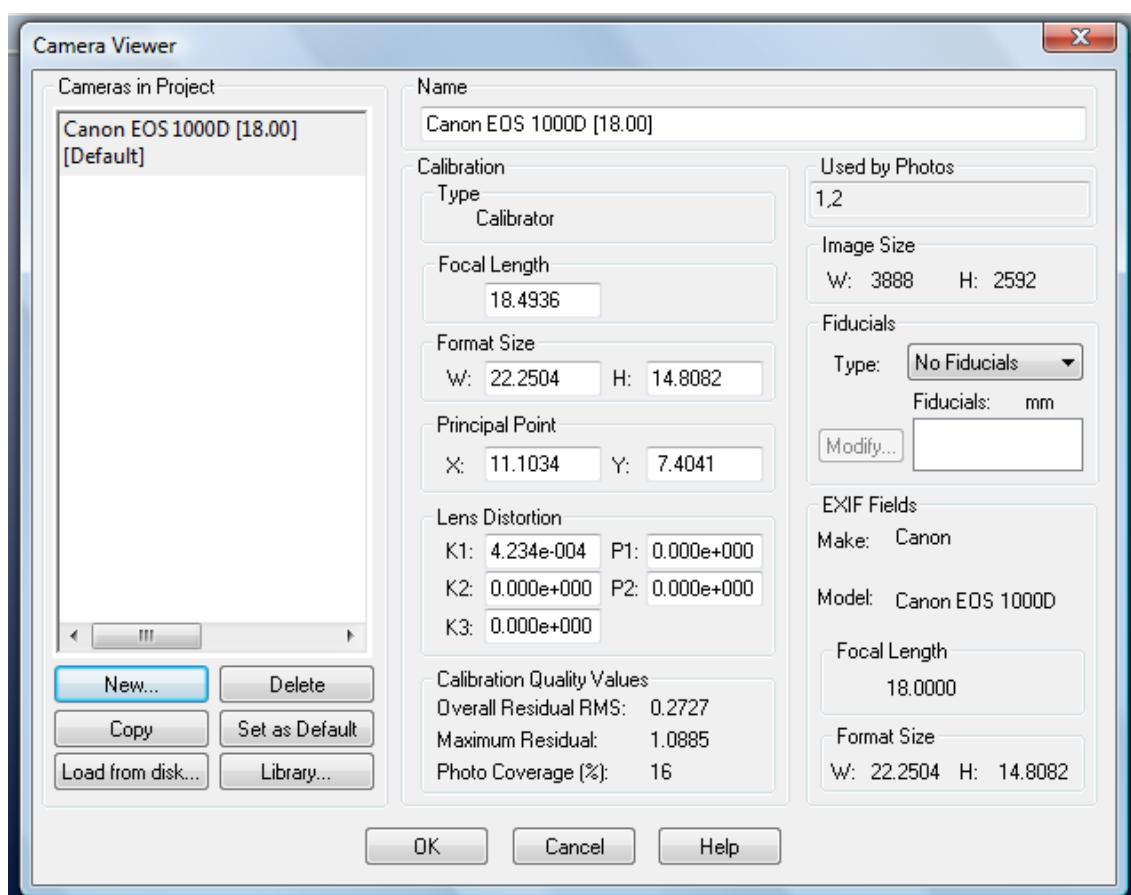


De seguido una ventana emergente nos indicará que busquemos el directorio donde se encuentran las imágenes de la plantilla que hemos fotografiado. Cargamos todas las imágenes e iniciamos la calibración.

PhotoModeler localiza los puntos de la plantilla y los cuatro de control. Estos últimos requieren especial importancia ya que son los que el programa otorga mayor peso en la orientación al ser dianas codificadas. No es preciso que salgan todos los puntos normales de la plantilla, ni que los reconozca todo el programa, sin embargo, los cuatro codificados deben aparecer correctamente en todas las imágenes para que

PhotoModeler pueda orientarse y calcular de manera precisa los parámetros de la cámara que estamos calibrando.

En la ventana "*Camera Viewer*" nos detalla las características reales de la cámara que hemos calibrado así como los parámetros necesarios para tal calibración, como es el K1, K2, P1 y P2. En caso de que dispusiera de más cámaras calibradas, en esta ventana podríamos escoger la que quisiéramos para ejecutar el proyecto de restitución.

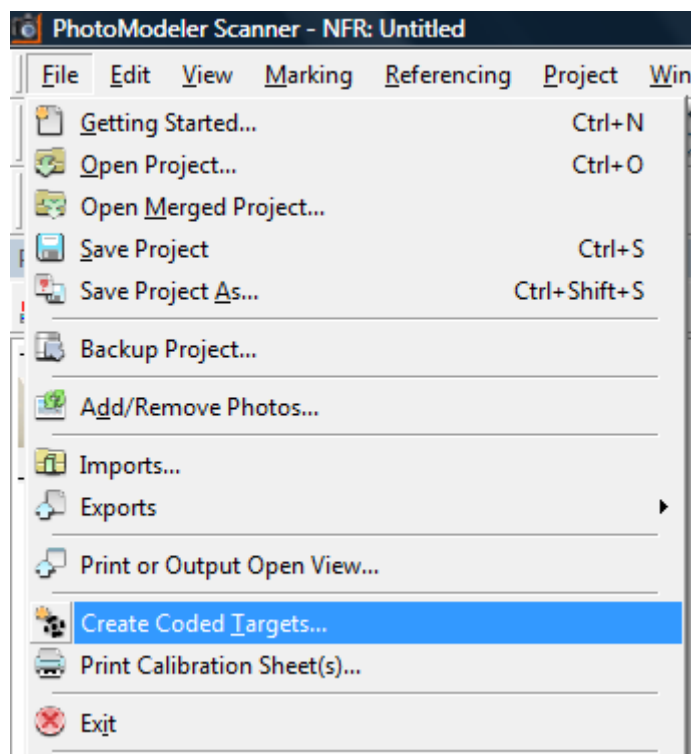


3. GENERACIÓN DE DIANAS.

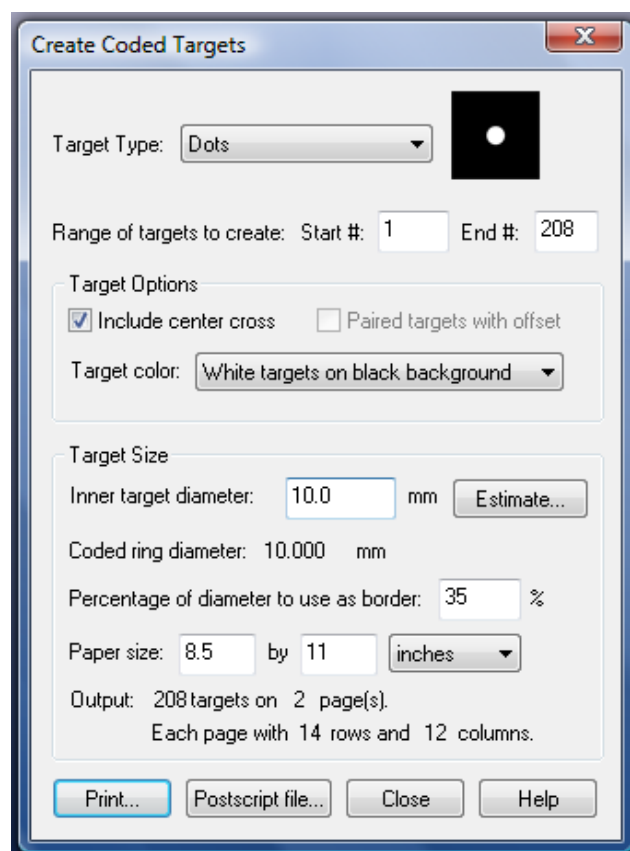
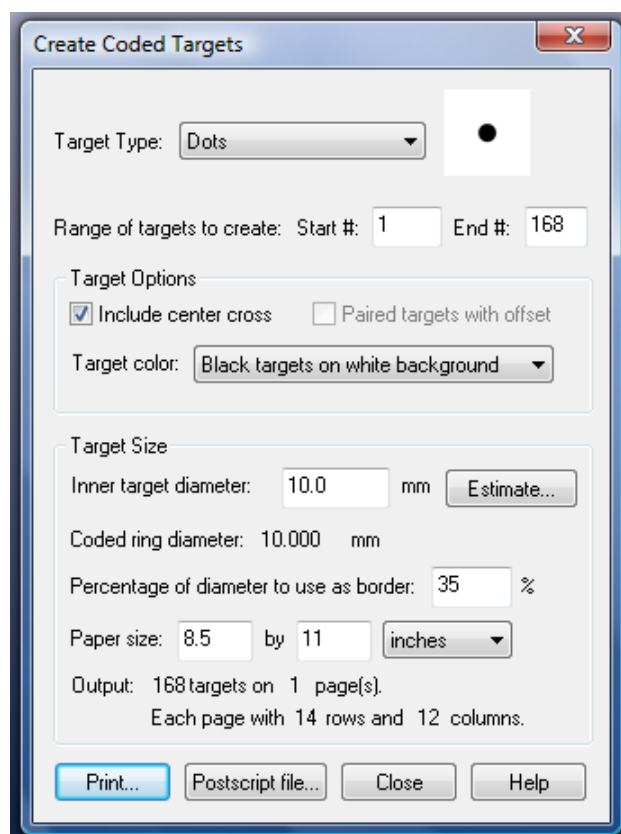
El paso previo a la toma de fotografías del objeto que queremos restituir es la creación de unas dianas de control.

PhotoModeler dispone de unas herramientas para generar las dianas que necesitamos y para ello crea unas plantillas en archivos "*postscripts*" *.PS, para enviarlos a una

impresora. Disponemos de diferentes tipos de dianas y dependiendo del tipo, *PhotoModeler* genera un número limitado de ellas.



De entre todas las opciones vamos a escoger las dianas "Dots" con diámetro interno de 1cm y nos genera 168 dianas.



Y el resultado obtenido serán las 168 dianas "Dot" en negro p 208 en blanco.

4. REALIZACIÓN DE LAS FOTOGRAFÍAS.

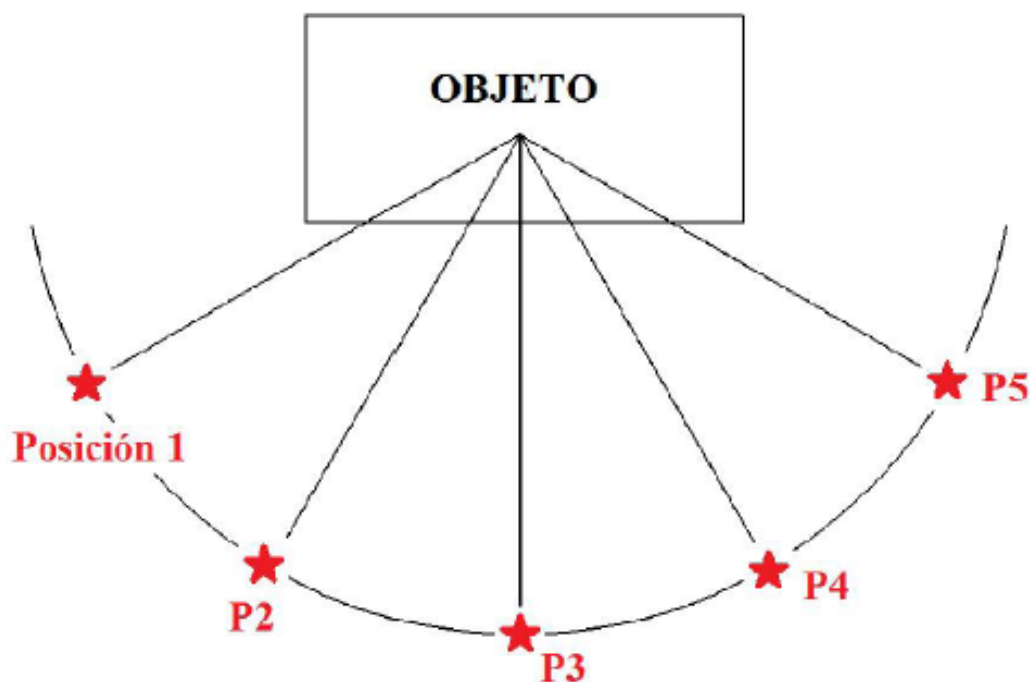
Previamente a la toma de fotografías, hay que distribuir y colocar todo el material que vamos a utilizar.

Colocaremos las dianas alrededor del objeto a restituir, si es posible, en este caso que vamos a mostrar sólo vamos a colocarlas en tres lados.



Simulador BOEING

El manual de *PhotoModeler* indica que debemos realizar visuales sobre el objeto en torno a los 90° y cubriendo un semicírculo enfrente al lado del objeto que vamos a capturar. En la imagen se muestra de manera muy esquemática y en planta el itinerario a seguir.



La secuencia de fotos comienza, iremos moviendo la cámara en las graduaciones marcadas hasta barrer los 180°. Al final repetiremos todo el proceso subiendo el trípode.

Con todo esto, se realizan las fotografías de cada objeto en muy poco espacio de tiempo debido a la agilidad que procura este método. Como la cámara las genera en formato RAW, previamente a poderlas introducir en PhotoModeler, es preciso convertirlas con Adobe PhotoShop a formato JPG, que sí reconoce PhotoModeler.



4.3 MODELADO

4.3.1. AUTOCAD

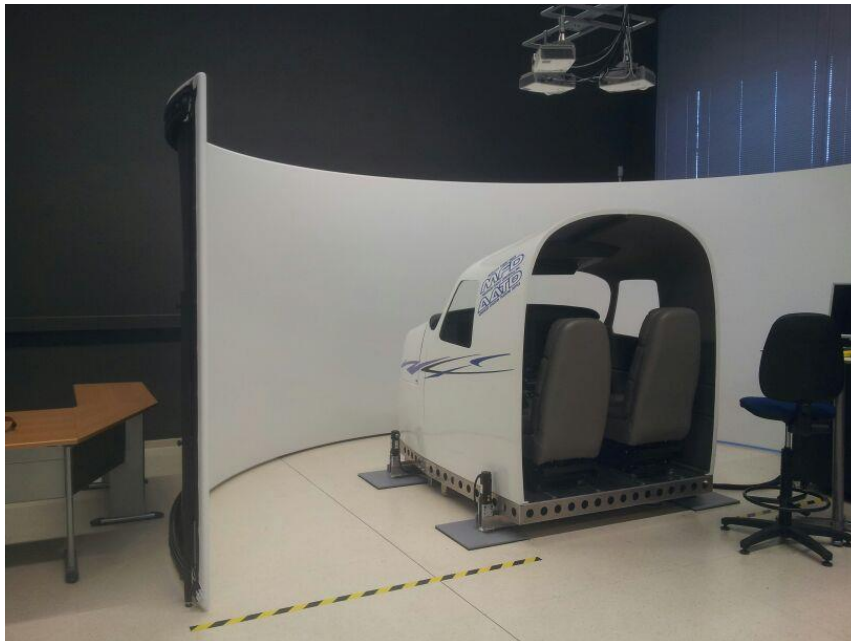
En este apartado vamos centrarnos en la descripción del modelado tridimensional en la aplicación AutoCAD.

Veremos el proceso de modelado en AutoCAD para las siguientes aulas:

Simuladores de vuelo:



Simulador Cessna 172 Beechcraft Baron 58

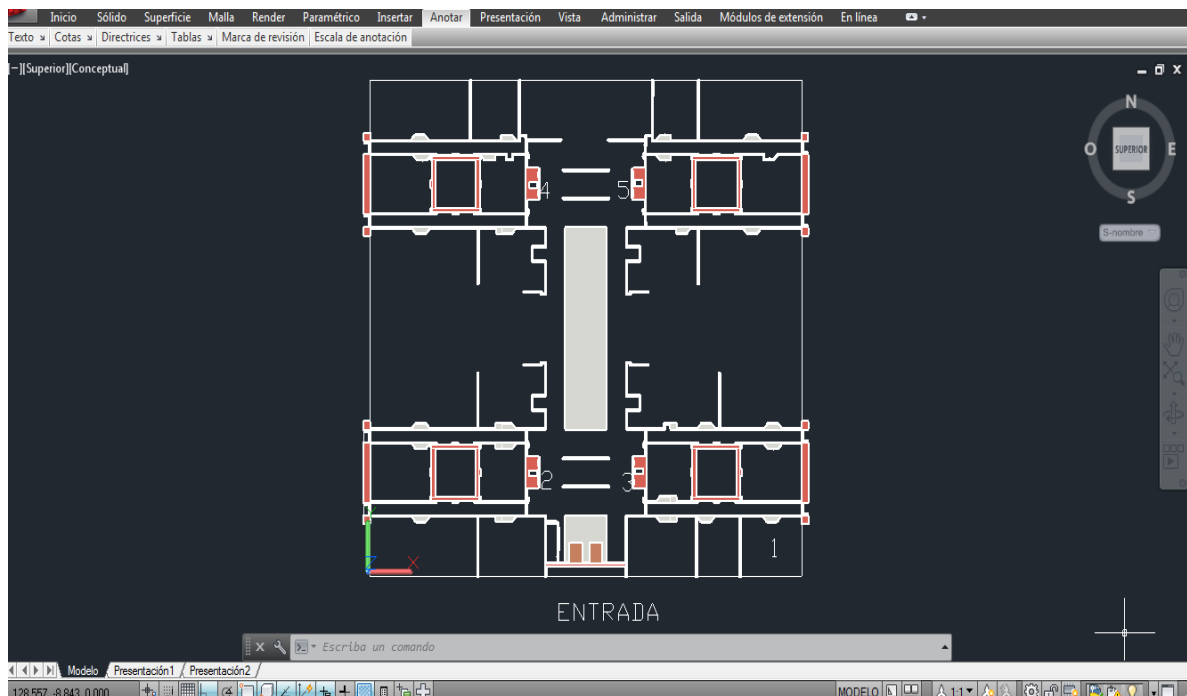


Simulador Cessna 172 Beechcraft Baron 58



Boeing

En el plano en planta del Edificio Tecnológico completo podemos observar la ubicación de cada una de las salas que vamos a modelar.



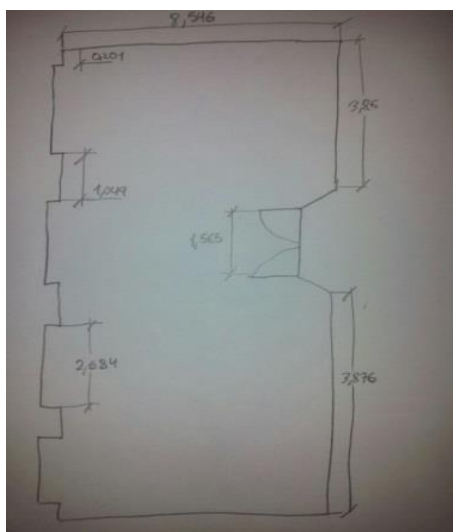
Plano de la planta baja del edificio tecnológico

1.-Simulador de vuelo Boeing 737 NG 800

2,3,4,5.- Ascensores del edificio tecnológico: Los cuales son simétricos y por tanto nos facilitarán el trabajo de modelado de uno solo de ellos.

Una vez realizado el trabajo de campo, ya explicado en apartados anteriores, utilizaremos los planos croquizados, los cuales estuvimos realizando en el proceso de medición, anotando todas las medidas de paredes, puertas, ventanas, altura de las aulas e incluso detalles como rodapiés, enchufes, etc. Además también croquizamos el mobiliario como mesas o instrumental de laboratorio. Este trabajo de croquizado nos ayuda a guiarnos en el modelado y en la realización de la planta centrándonos en cada uno de los habitáculos a modelar para a continuación añadir al plano completo del edificio.

Croquis del laboratorio de simulación:



Lo que vamos a proceder a diseñar, en resumen, van a ser las plantas de los laboratorios y algunos de los elementos del mobiliario en 2D y a continuación levantar esa planta en 3D.

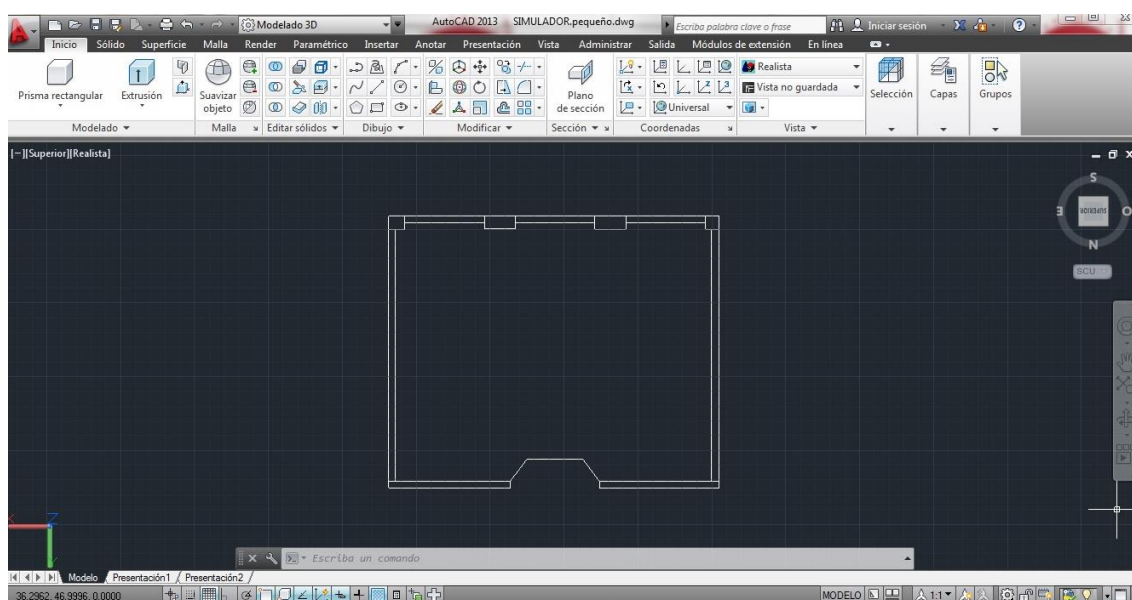
A continuación, explicaremos paso a paso la forma de proceder al realizar los modelos de Auto CAD del trabajo:

El método general de trabajo es generar Regiones en 2D. La región se obtiene mediante la selección de sus elementos definitorios En AutoCAD a los que se aplica el comando "*Región*".

En este caso se puede proceder de dos maneras:

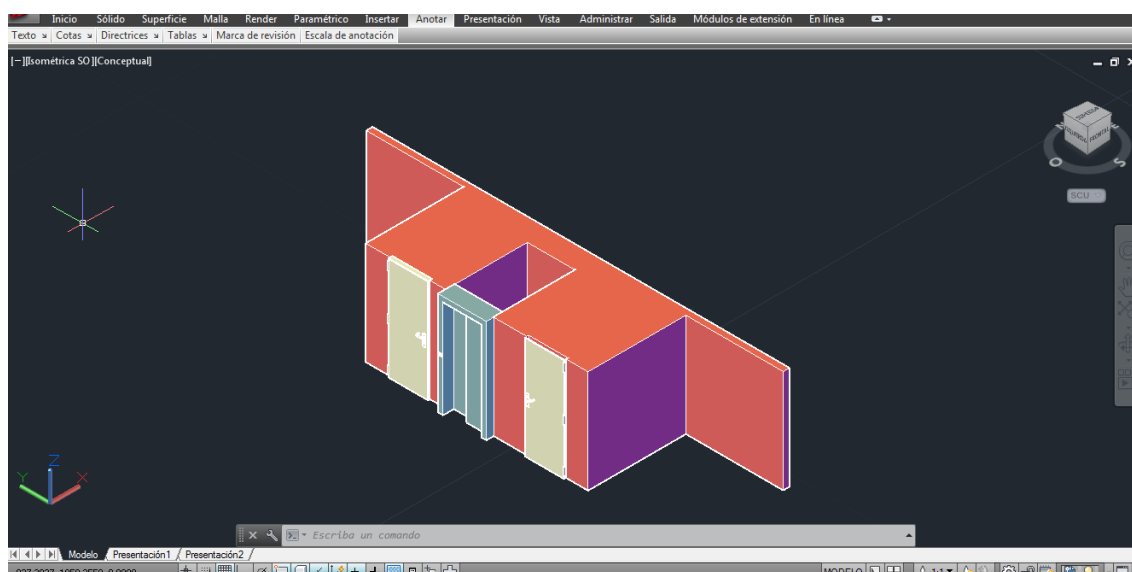
La primera es crear directamente la *polilínea* para poder realizar la operación 3d de la extrusión.

Otro método, en ocasiones más sencillo de hacer por las propiedades de las *polilíneas*, es crear las líneas por separado y una vez cerrada la superficie, transformarla en polilínea con el comando "*pedir*".



Generación de la planta del simulador Cessna 172 Beechcraft Baron 58.

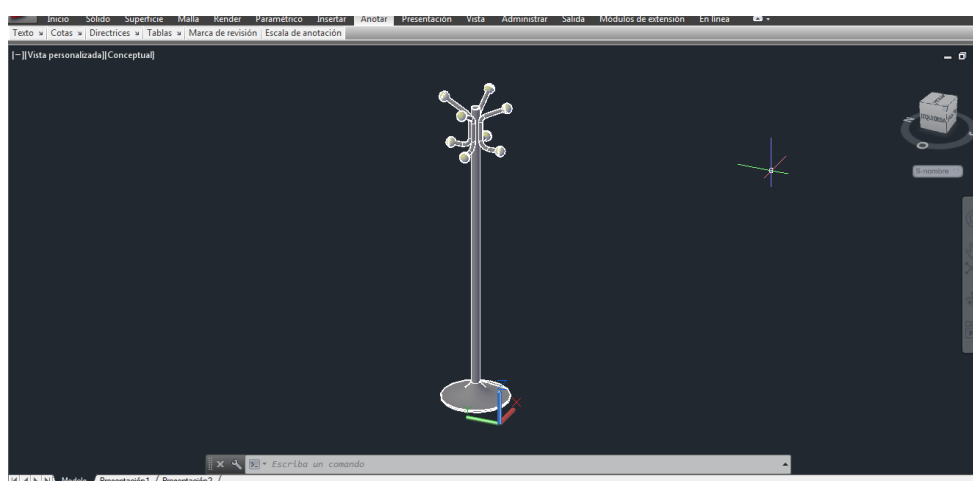
Una vez creada la Región, se le aplica la operación 3D, generalmente Extrusión, a una o varias superficies 2D. La opción del programa de "Extrusión" genera el sólido mediante el barrido de una Región a la que se aplica una traslación, generalmente rectilínea y perpendicular a la superficie de la misma. La magnitud de la Extrusión coincidirá con la altura correspondiente del elemento generado, en nuestro caso la altura de las paredes interiores de los laboratorios.



Ascensor del edificio tecnológico en 3D

Habitualmente, los elementos 3D no son macizos. En la mayor parte de las ocasiones presentan algún tipo de hueco u orificio para la inclusión de otros elementos, como pueden ser puertas o ventanas. Han sido realizados dichos huecos donde sea necesario. Para ello se crean los sólidos 3D que los definen en sus posiciones y se aplica la operación booleana “Diferencia” que permite restar un material a un sólido macizo.

Seguidamente se incluye en las aulas modeladas su correspondiente mobiliario tal como mesas, sillas e incluso los objetos más detallados, que previamente han sido modelados con AutoCAD.



Perchero de laboratorios del edificio tecnológico

Finalmente, y una vez tenemos los laboratorios modelados completamente con todo su mobiliario se procederá a incluirlo en el plano general de AutoCAD, considerando previamente las coordenadas exactas para que los laboratorios realizados se sitúen exactamente en su lugar correspondiente.

4.3.2. PHOTOMODELER SCANNER

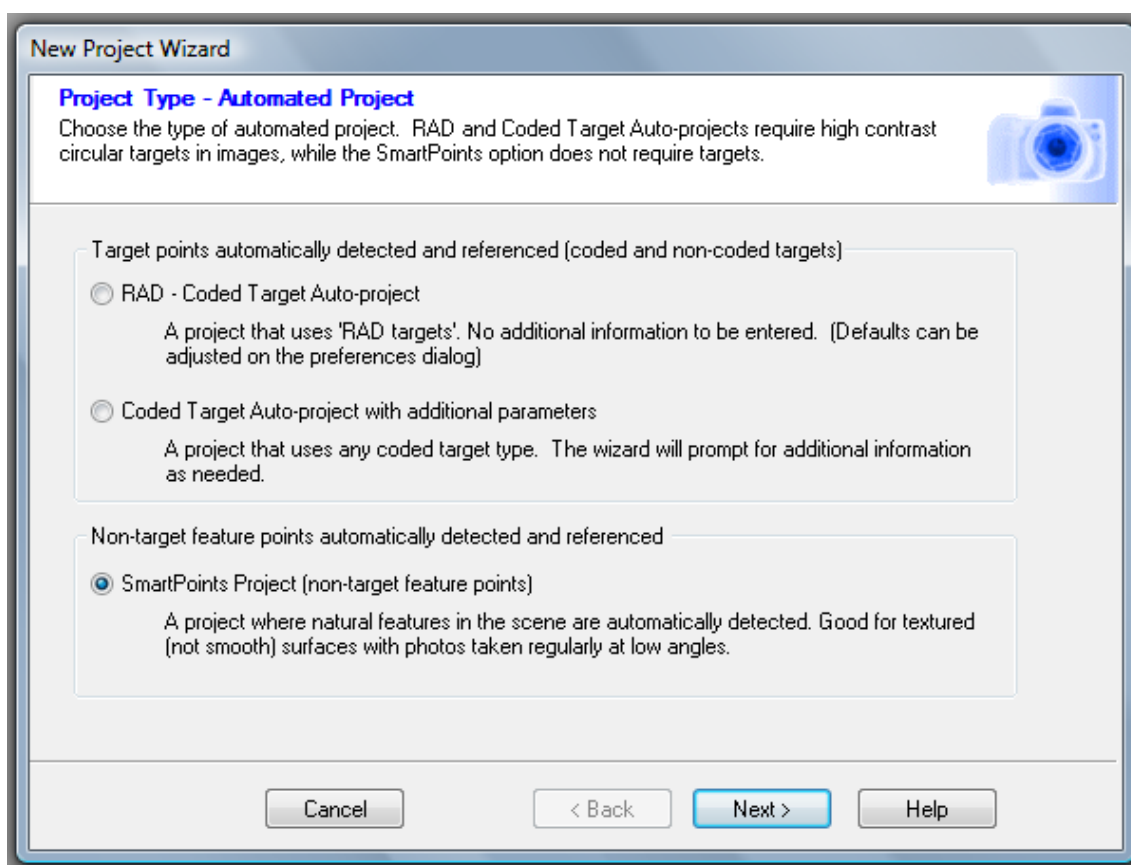
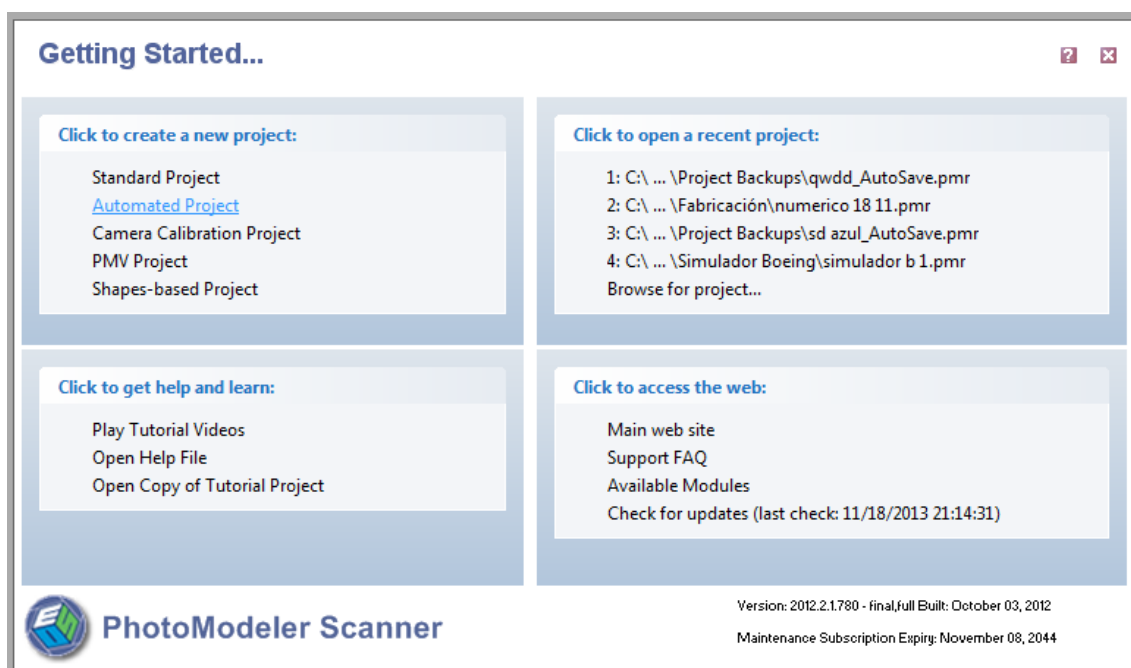
Vamos a utilizar PhotoModeler Scanner para la restitución fotogramétrica, con las fotos en formato RAW convertidas con Adobe PhotoShop a formato JPG, de los simuladores de vuelo.

El procesado se hará por nube de puntos. El programa genera nubes de puntos densas, con calidad métrica y que será el método escogido en este proyecto por la precisión que otorga.

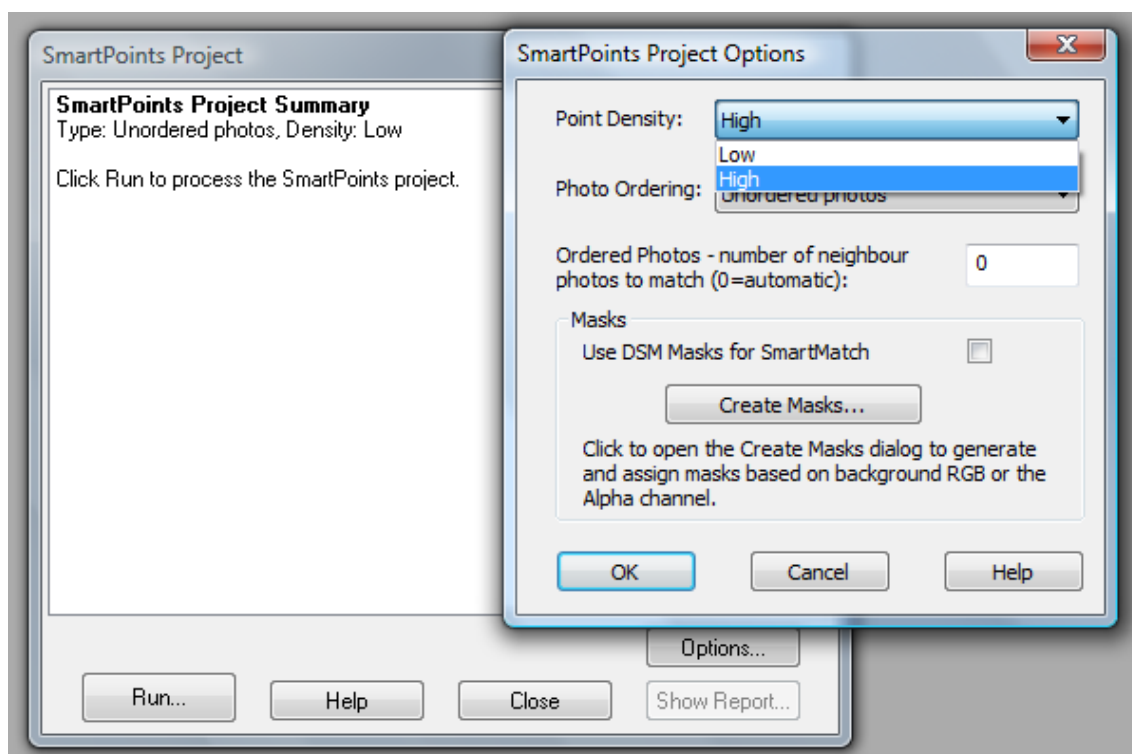
A continuación detallamos los pasos necesarios y seguidos para la obtención de la nube de puntos generada.

1. REFERENCIADO BÁSICO.

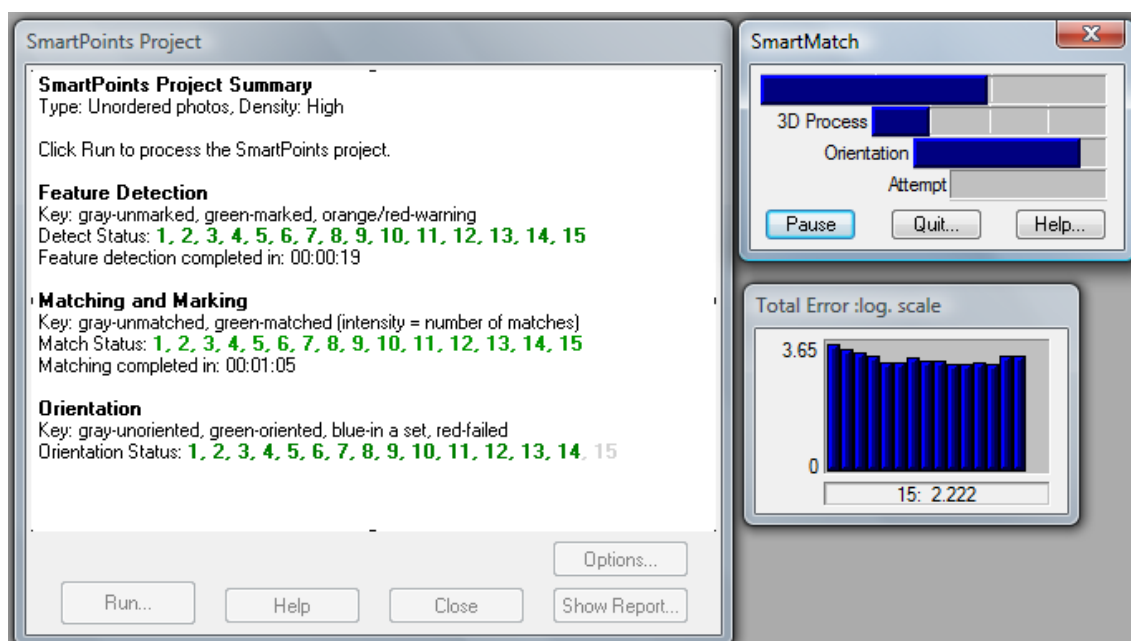
Al iniciarse el programa se selecciona la opción "*Automated Project*" y en la ventana emergente escogemos "*SmartPoints Project*". Así el programa de manera automática hace un referenciado rápido de unos cuantos puntos entre las fotografías introducidas y nos sea mucho más fácil la orientación de las mismas.

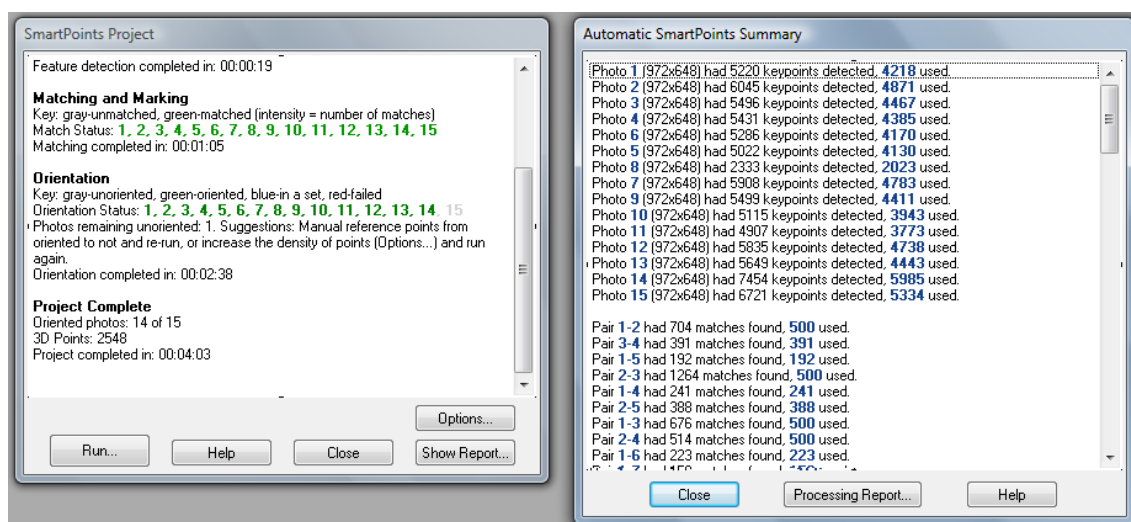


Para una mayor precisión, en opciones seleccionaremos una densidad de puntos alta en la lista desplegable "Point Density".



Aceptamos y comenzamos el procesamiento en "Run".

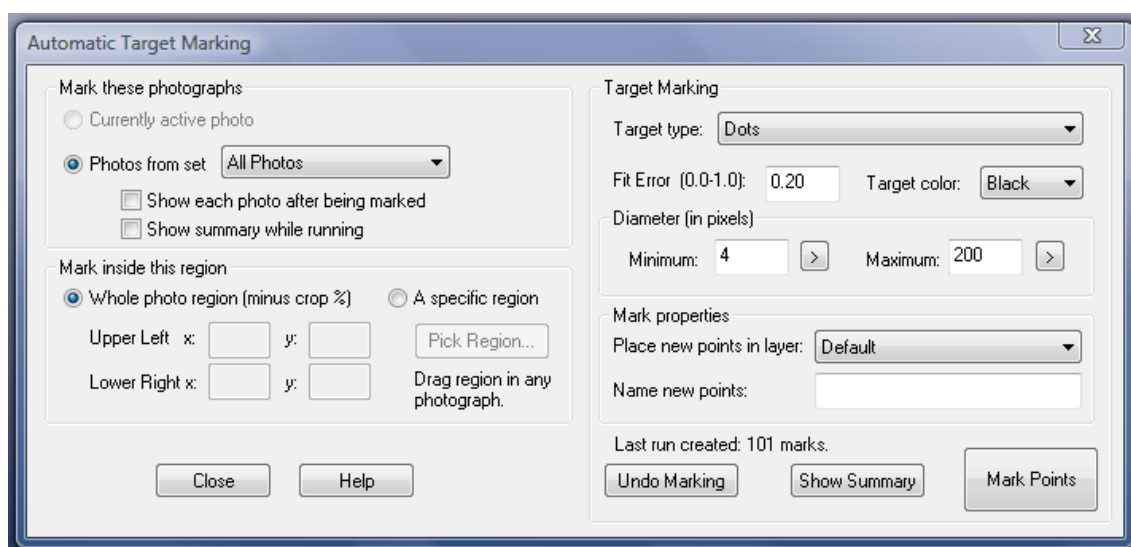
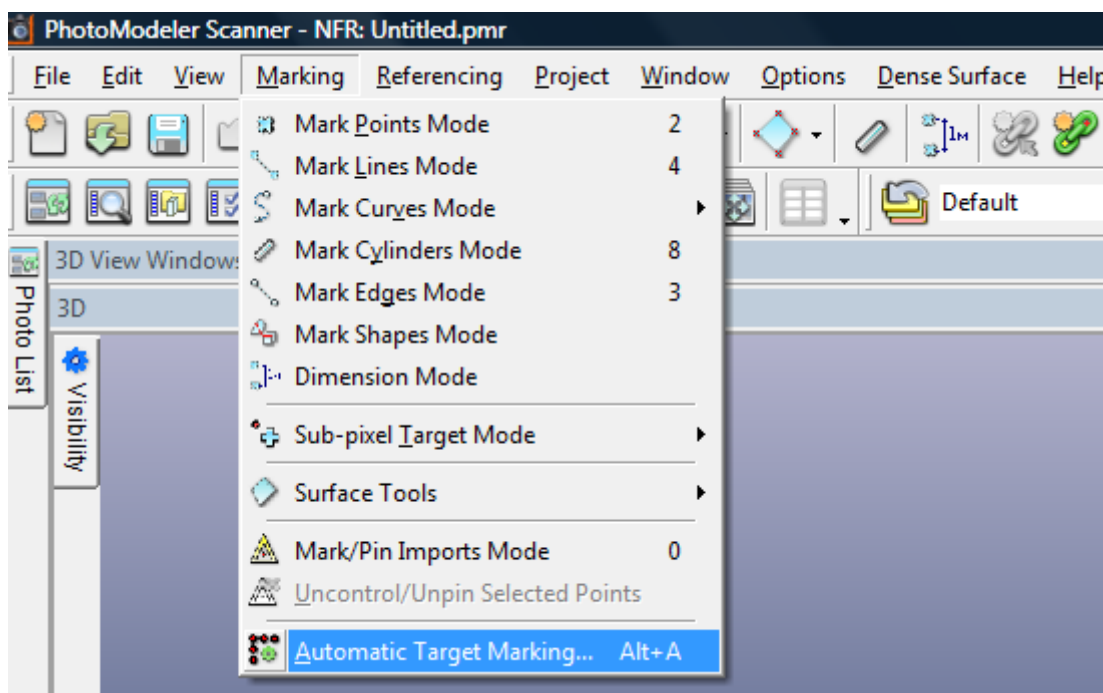




2. REFERENCIADO CON DIANAS CODIFICADAS.

Este segundo paso también es automático y en él PhotoModeler Scanner se encargará de localizar, referenciar y nombrar todas y cada una de las dianas codificadas "Dots" que distribuimos alrededor de la pieza test. Esta etapa es de vital importancia ya que es la que otorga un mayor grado de precisión al proceso.

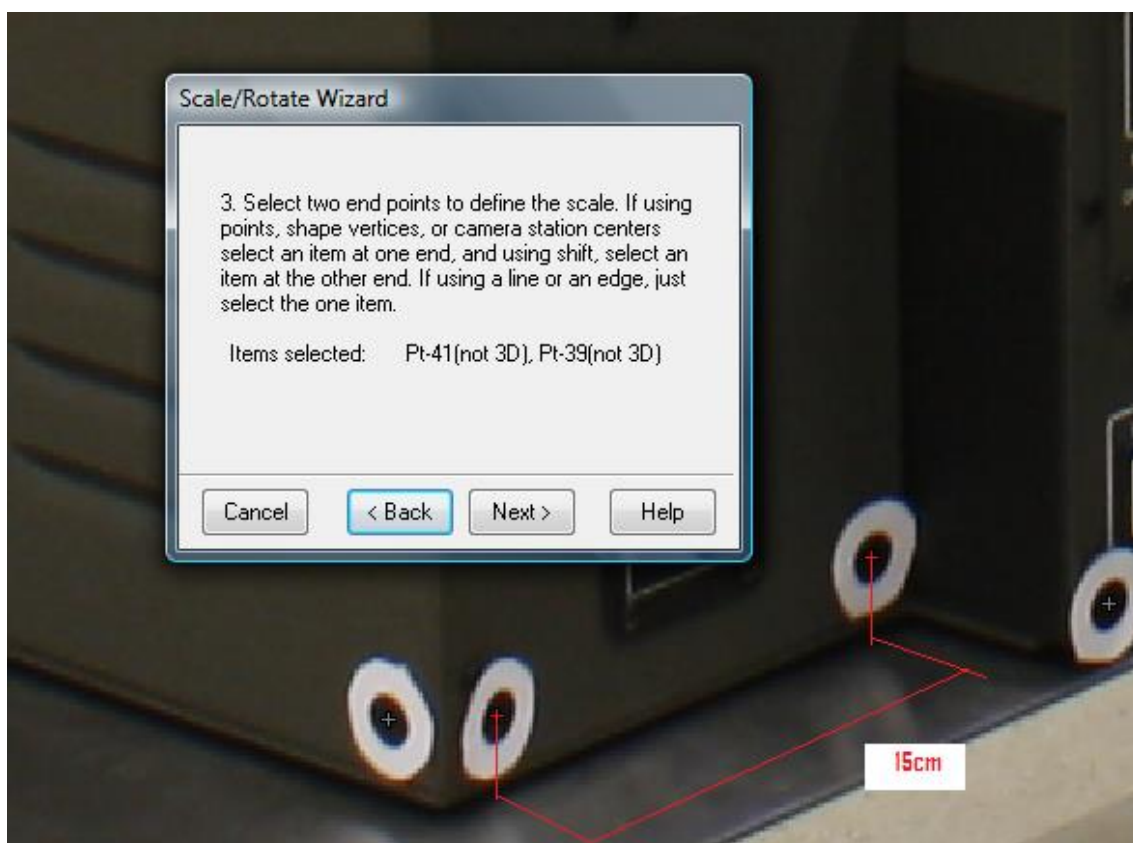
Para iniciar el referenciado automático de dianas seleccionamos la herramienta "Automatic Target Marking..." y ahí modificaremos los parámetros de acuerdo con nuestro proyectos, en este caso, marcaremos "All photos", "Target type": Dots, y finalizaremos en Mark Points.



Para mostrar mejor el reconocimiento de las dianas quitaremos los SmartPoints, en las fotografías en el botón "*Visibility on Photos*"  desmarcando "*2D SmartPoints*" y en el Visor 3D en el botón "*Options*"  demarcando "*SmartPoints*".



Lo siguiente que haremos será escalar el modelo, mediante el botón "*Scale/Rotate Wizard*"  , para ello debemos marcar en una fotografía una distancia conocida entre dos puntos determinados. En este caso sabemos que los centros entre cuatro dianas son 40 cm, así que asignamos la medida en una de las fotografías más frontales que tengamos.

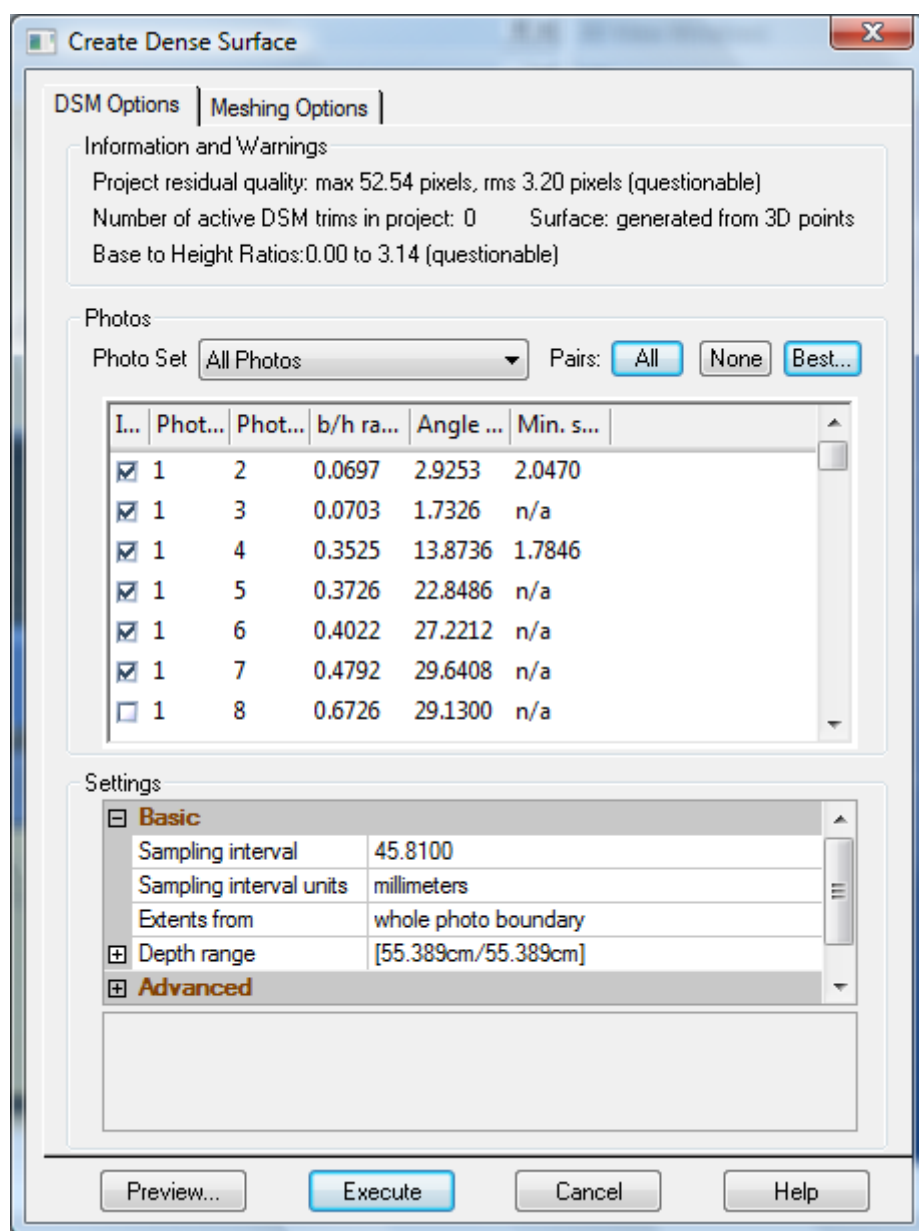


Una vez hecho esto, estableceremos unos ejes de referencia.

3. OBTENCIÓN DE LA NUBE DE PUNTOS

La creación y manipulación de la nube de puntos tiene una categoría propia denominada "*Dense Surface Tools*".

De entre todas las herramientas disponibles la más importante es la "Create Dense Surface". Con ella le damos al programa todos los parámetros adecuados para obtener una buena restitución.



Previamente marcaremos el área de las fotografías que queremos que genere nube de puntos con la herramienta *"DSM Trim Mode"*.

4.4. UNITY 3D

.FBX

FBX se originó como un formato de archivo de reemplazo para el software *Filmbox* de *Kaydara*. *Filmbox* era una aplicación para el registro de datos de los dispositivos de captura de movimiento. Antes de 1996, *Filmbox 1.0* utilizaba un formato de archivo llamado "FLM". El formato único de datos de movimiento, las preferencias del usuario y una lista de los dispositivos utilizados en la captura de datos de movimiento. Estos datos eran una versión de archivos (binario), que contiene datos de la memoria de lectura / escritura. Este método de almacenamiento de datos no funcionaba bien con diferentes versiones del software *Filmbox*. Había también demanda por parte de los primeros clientes de *Filmbox* de implementar un objetivo en la escena con los datos de captura de movimiento, para permitir la visualización de los datos en una vista 3D con marcadores de visualización.

En 1996, *Kaydara* lanzó un nuevo formato decon *Filmbox 1.5* llamada "FBX" (una abreviatura de "Filmbox"). Este formato utiliza un modelo basado en objetos, lo que permite el almacenamiento de los datos de movimiento junto con 2D, 3D, audio, y datos de vídeo. El formato tuvo apoyo de otros paquetes de software 3D como *Maxon Cinema 4D*, *Softimage 3D*, *Alias | Wavefront PowerAnimator*, *NewTek LightWave 3D*, *Kinetix 3D Studio MAX*.

Filmbox cambió su nombre a *MotionBuilder* en 2002 con el lanzamiento de la versión 4.0.

4.4.1. CREACIÓN DE ESCENAS

Unity es un programa de creación de aplicaciones con gráficos y animaciones 3D. Además de formar un pequeño mundo virtual, *Unity 3D* es capaz, además de formar un pequeño mundo virtual, de crear animaciones y personajes con inteligencia artificial.

La forma más usual de trabajar de *Unity* es partiendo de modelados con sus propias texturas y animaciones hechos con *3ds Max*, *Maya* o *Blender* y una vez importados crear las acciones y movimientos de la aplicación mediante pequeñas programaciones, denominadas scrips, asignadas a cada objeto.

Aquí partimos de unos objetos realizados con *AutoCAD* que se han dividido en capas según el material con el que están hechos. Hemos preferido realizar el trabajo de texturizado en el mismo programa *Unity* para aprovechar al máximo la creación de materiales de este motor gráfico. En el caso de los objetos modelados con *PhotoModeler Scanner* el texturizado se da por hecho.

Una vez que tenemos los objetos con sus materiales se han añadido luces y pequeñas animaciones para dar más realismo al trabajo.

El último paso será englobarlo todo en una sola aplicación.

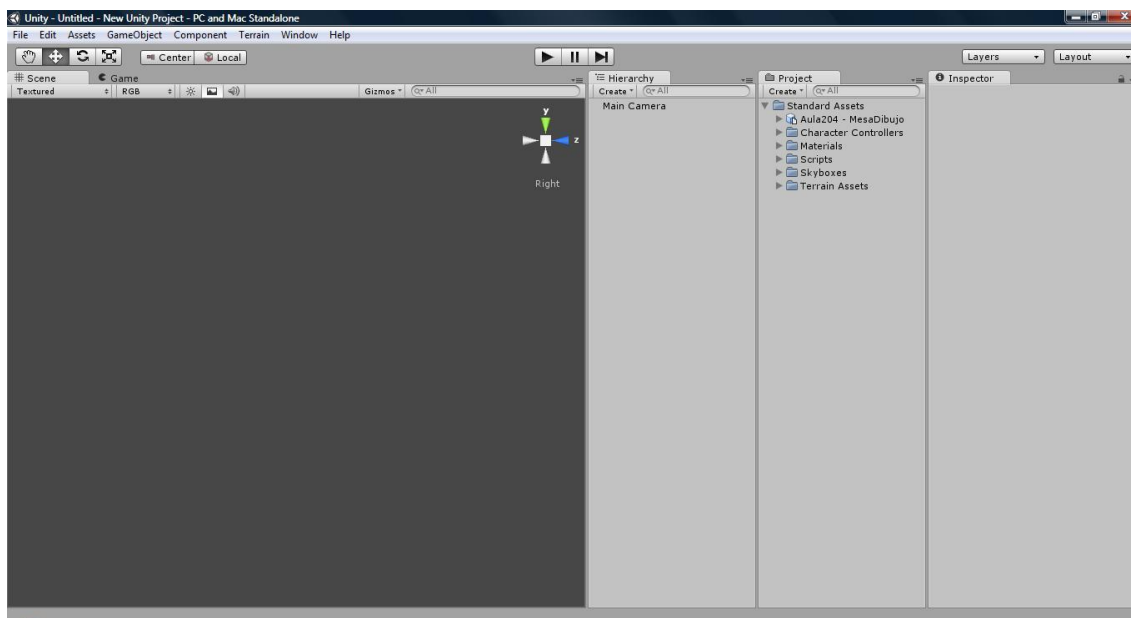
4.4.1.1. INTERFAZ GRÁFICA DE UNITY.

La interfaz gráfica de usuario o GUI de *Unity* consta de 5 regiones principales de trabajo:

- "Scene View": o *"Vista de Escena"*, es el área de construcción gráfica de Unity. Nos permite además de visualizar nuestro trabajo, interactuar sobre los objetos que hay en él con movimientos, giros, cambios de tamaño y dotación de propiedades a cada objeto.
- "Game View" : o *"Vista de Juego"*, en esta vista tenemos una previsualización de nuestra aplicación.
- "Project View": o *"Vista de Proyecto"*, es donde vamos a tener un listado de todos los recursos o assets de los que disponemos para crear la aplicación. Cada asset se puede usar en distintas escenas.

- "Hierarchy View" : o *"Vista de Jerarquía"*, es un listado de todos los elementos que se están utilizando en la escena que se está creando.
- "Inspector View": o *"Vista de Inspector"*, muestra todas las propiedades del objeto seleccionado.

Estas cinco zonas importantes se pueden colocar dentro de la plantilla de la forma más cómoda para el usuario modificando la posición por medio de pestañas.



Para empezar la trabajar lo primero que hay que hacer es importar los *assets* a utilizar. Hay que decir que *Unity* viene con una serie de *assets* predeterminados que en muchos casos nos han ahorrado bastante trabajo. Para importar los objetos 3d, texturas y scripts no hay más que arrastrarlos a la *Project View*. Al importar los objetos, Unity hace una copia de estos en la carpeta seleccionada como carpeta de proyecto y los deja preparados para su uso en cualquier escena del proyecto. Para usar estos objetos en la escena solo hay que arrastrar el objeto en cuestión desde *Project View* a *Hierarchy View* o directamente a *Scene View*.

Además de importar objetos a 3d externos, *Unity* también nos permite crear elementos básicos como cubos, esferas y cilindros que nos van a servir para hacer pequeñas correcciones sin tener que volver a pasar por el proceso de modelado en *AutoCAD*.

Unity viene preparado para crear un proyecto en varias escenas y así ahorrar recursos. Para pasar de una escena a otra se hace mediante scripts básicos.

Para dar realismo a nuestra escena, *Unity* pone a nuestra disposición unas cuantas herramientas como, cámaras, luces...

4.4.1.2. CREACIÓN DE ESCENAS

DIVISIÓN DE ESCENAS

Vamos a crear nuestras aulas en *Unity* por escenas para hacer mas fluido el rendimiento de la tarjeta gráfica. Para ello hemos dividido el trabajo en las siguientes escenas:

1. Simulador de vuelo *BOEING*.
2. Simulador de vuelo *Cessna 172 Beechcraft Baron 58*.
3. Ascensor. (Realizamos únicamente una escena debido a su simetría)

Para comenzar con este trabajo importamos todos los elementos modelados anteriormente siguiendo los mismos pasos para todas las importaciones. Por tanto realizamos la importación a *Project View* arrastrando los archivos .fbx a *Project View*.

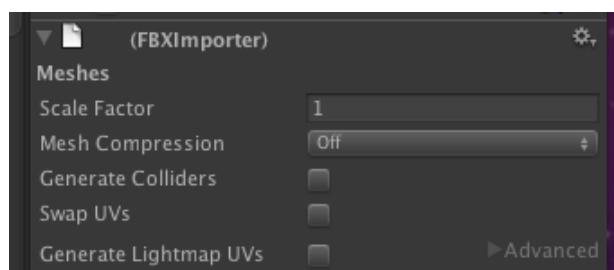
Es importante organizar nuestro proyecto en carpetas ya que, el programa *Unity* nos permite crear carpetas y subcarpetas para que nuestro trabajo permanezca bien estructurado.

El siguiente paso a realizar será adaptar la escala. Al seleccionar cualquier objeto añadido en *Inspector View* nos aparecen las propiedades a importación .fbx. Cambiamos la escala que por defecto aparece un factor de escala de 0.01 y aplicamos un factor de escala de 1, ya que en la modelación con *AutoCAD* usamos metros.

En algunos casos, como por ejemplo las superficies curvas, en este caso las patas de las mesas y sillas de nuestro mobiliario, debemos aplicar la herramienta *compresión de mallas* para reducir el tamaño de los vértices, pero con compresiones muy suaves, para ahorrar espacio.

Colliders.

Suponiendo que todos los objetos son sólidos y por lo tanto no los podemos atravesar con nuestro avatar, aplicaremos colisiones o *colliders* a todas sus partes. Esto implica un gasto de recursos muy amplio debido a que cada objeto va a tener los vértices de su renderizado y los vértices de su colisión, por lo que solo colocamos *colliders* en los lugares muy necesarios. Para crear estas colisiones vamos a dar la orden de *generate colliders* que crea colisiones en nuestro objeto 3D. Sobretudo vamos a proceder así cuando la mayoría de los materiales de un objeto lo precisen.



Importación de archivos .fbx

Después de realizadas todas estas configuraciones vamos a llevar nuestros objetos a *Hierarchy View* arrastrándolos con el ratón. El objeto se colocará entonces en el punto de referencia 0,0,0. Éste origen será el punto 0,0,0 que dejaremos en el archivo AutoCAD o bien el centro del objeto de objetos creados en Unity.

Ahora podremos ver el objeto importado en la *Scene View*, sin las texturas definidas. Para tener una óptima visualización de lo que estamos importando, crearemos luces, que podrán ser puntuales, direccionales, o focos.

Es necesaria también una creación de materiales o texturas. La creación de éstos materiales en *Unity* va a consistir en arrastrar la textura base del material al objeto donde queremos que se refleje. El propio programa nos crea la carpeta *materials* donde ésta textura queda guardada.

Main camera.

Unity por defecto nos crea una cámara principal para cada nueva escena que es la que nos da la imagen que sale en *Game View*.

Controlador principal.

Es importantes en nuestra escena aparezcan controladores para manejar nuestro avatar, ya sea ratón del ordenador ,teclado u otros hardwards posibles, para ello utilizamos *scripts de movimiento* a los objetos. *Unity* nos trae por defecto controladores prefabricados, es decir los avatares animados. Escogeremos en este caso un controlador en primera persona.

Texturas y materiales

Es uno de los pasos más importantes a realizar ya que es lo que nos da realismo a nuestra escena visualmente hablando.

En este trabajo, en general vamos a crear objetos estáticos y basarnos en las opciones de renderizado que nos da *Unity*.

Unity tiene varias opciones de tratamiento de texturas que el programa llama sombreados o shaders. Las más utilizadas son:

- *Diffuse shader*: Que es la textura sin ninguna modificación.
- *Bumped shader*: Es la opción que nos da profundidad al objeto.
- *Specular shader*: Tratamiento que nos da una sensación de brillos más o menos intensos.
- *Transparent*: Para dar transparencia a los objetos tales como ventanas.
- *Reflective shader*: Simula superficies de tipo cromado.
- *Self-illuminated shader*: Simula desprender luz del interior del objeto.

Es importante partir de fotografías de objetos reales para aplicar a nuestros objetos para dar mayor sensación de realismo.

4.4.1.3. FUNCIONAMIENTO

Para la creación de las diferentes escenas se han seguido varios procesos imprescindibles, y comunes a todas ellas, como son la creación de materiales, creación de colisiones (*Collider*), creación de un controlador principal, se ha duplicado y cambiado el eje de coordenadas en los objetos y la creación de luces.

4.4.1.4. PROGRAMACIÓN

Unity es un programa capaz de crear animaciones en objetos y personajes con inteligencia artificial avanzada usando complicados scripts. El programa reconoce tres lenguajes de programación: C#, BOO (un derivado de *Python*) y una versión de JavaScript. El funcionamiento con scripts es más sencillo y directo, lo poco que vamos a programar lo haremos de esta forma. La versión que usa *Unity* de JavaScript es una compilación de funciones específicas para el programa.

El trabajo con scripts se basa fundamentalmente en definir variables, ejecutar funciones sobre estas variables, aplicar condiciones a las funciones y crear bucles en que determinen el tiempo de aplicación de la función sobre la variable.

El objetivo de nuestro trabajo se limita a un paseo virtual lo más realista posible, así que no nos será necesario el uso de programaciones complejas. Únicamente vamos a utilizar scripts para funciones básicas como el manejo del controlador, el cambio de una escena a la otra, la apertura de puertas y la activación de elementos multimedia

Manejo del controlador

Ya hemos explicado que estamos usando un controlador prefabricado por los creadores de *Unity*, solamente hemos modificado algún detalle sin tener que cambiar el diseño del script.

Cambio de escenas

Se ha utilizado una sencilla programación que nos permite además de cambiar de escena, colocar el controlador principal en la posición y orientación buscada dependiendo de la puerta que atravesase. Para ello se han usado 3 scripts:

1. Se crea un pequeño script definiendo la variable *puerta* y dándole el valor 0.
2. Se crean cubos invisibles pero con colisión en las zonas que dividen una escena otra. En ellos se introduce un script para enviar a otra escena al objeto que colisione con el cubo incluyendo un cambio de valor de la variable *puerta* con un valor diferente en cada puerta.
3. En el controlador de la escena a la que queremos llegar se introduce un script de translación de forma que según el valor de la variable *puerta* el controlador se coloque en unas coordenadas y con una dirección apropiada.

Apertura de puertas

En este script se define la variable *AngleY* y varias variables privadas de posición inicial y final de la puerta. También se basa en cubos invisibles que al ser atravesados disparan la ejecución de la función. Para atravesar los cubos y que el script note la colisión activaremos la casilla *on trigger* del componente *collider* de los cubos y usaremos la función *on trigger enter* del script. En este caso vamos a girar un objeto *target* cuando el controlador atravesase el cubo. Para que el objeto girado se corresponda con la hoja de la puerta hemos de crear un objeto vacío con pivote en el eje de la bisagra de la puerta. Este objeto lo hemos llamado *bisagra* y lo hemos colocado en cada puerta para mantener un orden. Dentro de este objeto hemos colocándolos objetos de la hoja de la puerta: madera, metal dorado, cristal y pomo, de forma que al girar el objeto *bisagra* sobre su *pivot* giran todos los objetos contenidos en él.

Además del giro de puertas se ha introducido un apartado en el script que reproduce sonidos al entrar en el cubo y al salir, o sea, al abrir y cerrar la puerta. Asignamos sonidos que se grabaron directamente en las puertas afectadas, de esta forma se logra el realismo buscado.

4.4.1.4.1. SCRIPTS UTILIZADOS

1. Cambios de escena:

Script 1 - en escena 0:

```
static var Puerta=0;  
function Update () {  
}
```

Script 2 – Zonas de paso de una zona a otra:

```
function OnTriggerEnter() {  
    CambioPuerta.Puerta=4;  
    Application.LoadLevel("02a EscuelaPB");  
}
```

Script 3 – Controlador de la escena destino:

```
print(CambioPuerta.Puerta);  
if(CambioPuerta.Puerta==1){  
    transform.position=Vector3(-10.5,2,53);  
    transform.Rotate(0,180,0);  
}  
if(CambioPuerta.Puerta==2){  
    transform.position=Vector3(-10.5,2,55.4);  
    transform.Rotate(0,180,0);  
}  
if(CambioPuerta.Puerta==3){  
    transform.position=Vector3(-32,2,22.5);  
}  
if(CambioPuerta.Puerta==4){  
    transform.position=Vector3(-42.5,2,22);
```

```
        transform.Rotate(0,315,0);
    }
    if(CambioPuerta.Puerta==5){
        transform.position=Vector3(-36,2,-1.95);
        transform.Rotate(0,90,0);
    }
    if(CambioPuerta.Puerta==6){
        transform.position=Vector3(-39.5,2,-1.95);
        transform.Rotate(0,90,0);
    }
}
```

2. Aperturas de puertas:

Será utilizada esta tipo de programación para la apertura de las puertas a través del avatar cuando éste pulse el botón y cambie de escena, con su sonido correspondiente y lo más realista posible, que se realizará con una grabación real.

```
var AngleY : float = 90.0;

private var targetValue : float = 0.0;
private var currentValue : float = 0.0;
private var easing : float = 0.05;

var puertaAbrir: AudioClip;
var puertaAbrir2: AudioClip;
var Target : GameObject;

function Update(){
    currentValue = currentValue + (targetValue - currentValue) * easing;
    Target.transform.rotation = Quaternion.identity; // set rotation to zero
    Target.transform.Rotate(0, currentValue, 0); // apply full Rotation
}

function OnTriggerEnter (other : Collider) {
```

```
targetValue = AngleY;  
currentValue = 0;  
AudioSource.PlayClipAtPoint(puertaAbrir, transform.position);  
}  
  
function OnTriggerExit (other : Collider) {  
currentValue = AngleY;  
targetValue = 0.0;  
AudioSource.PlayClipAtPoint(puertaAbrir2, transform.position);  
}
```

5. ANEXOS

5. ANEXOS

Anexo 1: Medidor laser "Leica Disto D3"

Se trata de un láser de la marca LEICA modelo DISTO D3. Es un instrumento multifunción que garantiza que las mediciones se realicen de manera sencilla, rápida y fiable. Ofrece gran facilidad para medir distancias con una precisión de $\pm 1,0$ mm, aun habiendo obstáculos cercanos y determinar ángulos de forma rápida y precisa. LEICA DISTO D3 es el distanciómetro láser más pequeño del mundo, un instrumento fiable y de gran comodidad, cuyas características técnicas son:

- Alcance De 0.05 a 100 m
- Ø de punto láser 6mm
- Ángulo de cobertura $\pm 45^\circ$
- Precisión respecto al rayo láser $\pm 0.3^\circ$
- Precisión respecto a la carcasa $\pm 0.3^\circ$
- Memorización de constantes 1
- Mediciones por juego de pilas Hasta 5000
- Pilas Tipo AAA 2 x 1.5V
- Medidas 125x45x24mm

Anexo 2 Canon EOS 1000D

Para la realización de la fotografías se ha utilizado una cámara *Canon EOS 1000D*.



Con su sensor CMOS de 10,1 Megapíxeles y diversas tecnologías heredadas de los modelos Canon profesionales, la EOS 1000D pone al alcance de los consumidores todas las posibilidades de imagen EOS en un cuerpo asequible y fácil de usar.

Características

- Sensor CMOS de 10,1 Megapíxeles
- Hasta 3 fps
- AF de área amplia en 7 puntos
- Sistema Integrado de Limpieza EOS "EOS Integrated Cleaning System"
- Pantalla LCD de 2,5" (6,35 cm), con Modo de Visión en Directo "Live View Mode"
- Procesador DIGIC III
- Ranura para tarjetas SD/SDHC
- Procesamiento Estilo de Imagen "Picture Style"
- Compacta y ligera
- Compatible con los objetivos EF/EF-S y los flashes Speedlite EX

Sensor CMOS de 10,1 Megapíxeles

Un sensor CMOS de 10,1 Megapíxeles permite captar suficiente detalle para imprimir las fotos hasta tamaño A4, incluso recortando la imagen. La tecnología de los sensores CMOS de Canon garantiza imágenes nítidas y claras, incluso cuando se fotografía en situaciones con poca luz.

Hasta 3 fotogramas por segundo

Para poder conseguir fotos espectaculares de acción, la EOS 1000D es capaz de captar imágenes JPEG grandes en serie, a una velocidad de hasta 3 fotogramas por segundo y sin límite en cuanto al número, hasta que se llene la tarjeta de memoria. Con una tarjeta de 2 GB se podrían llegar a captar hasta 514 imágenes sin interrupción.

AF de área amplia en 7 puntos

El Sistema Autofoco de área amplia utiliza 7 puntos de enfoque separados, para poder enfocar con precisión los sujetos que se desplazan a gran velocidad. El punto de enfoque central permite incluso enfocar en situaciones con poca luz o sobre sujetos con contraste bajo.

Sistema Integrado de Limpieza EOS "EOS Integrated Cleaning System"

El sistema integrado de limpieza del polvo de Canon previene de tres formas distintas que las imágenes resulten afectadas por el polvo: reduciendo el polvo que se genera dentro de la cámara, desprendiendo el polvo que pudiera haberse depositado en el sensor, cada vez que se conecta y desconecta la cámara y, por último, localizando las motas de polvo que aún pudieran permanecer en el sensor para su posterior eliminación mediante el software Digital Photo Professional incluido de serie.

Pantalla LCD de 2,5" con Modo de Visión en Directo "Live View Mode"

En el modo de visualización en directo "Live View Mode", se utiliza la luminosa pantalla LCD de 2,5" (6,35 cm) para encuadrar y fotografiar desde ángulos que podrían resultar algo incómodos. Durante la reproducción, la pantalla LCD permite revisar detenidamente las fotos captadas por la cámara, y gracias a su ángulo de visión amplio, se pueden compartir las fotos con los familiares y amigos.

Visor grande

La cámara dispone de un visor grande y luminoso, que permite enfocar los sujetos incluso en las situaciones más luminosas.

Procesador DIGIC III

El avanzadísimo procesador DIGIC III de Canon, el mismo utilizado en los modelos EOS profesionales, permite un funcionamiento rápido, una reproducción precisa del color, tiempos de arranque rápidos y un bajo consumo de energía.

Compatible con tarjetas de memoria SD/SDHC

La EOS 1000D utiliza las populares tarjetas de memoria SD/SDHC, lo que resulta ideal para aquellos que dispongan ya de otros equipos o dispositivos compatibles con SD.

Control total de la imagen

Con esta cámara podrás ejercer un control completo sobre la apariencia y las características de tus imágenes, mediante los preajustes de Estilo de Imagen "Picture Style". Podrás preajustar a tu gusto el contraste, la nitidez y la saturación en la misma cámara o con alguno de los programas de software que se incluyen de serie con la EOS 1000D.

Cuerpo compacto y súper ligero

La EOS 1000D es el modelo más pequeño y ligero de cámaras EOS digitales, con un peso de tan sólo 450 gramos y un diseño ergonómico que facilita su sujeción y manejo.

Objetivos EF y accesorios

La EOS 1000D es compatible con toda la gama de objetivos EF/EF-S, los flashes Speedlite EX y los accesorios del sistema EOS.

6.CONCLUSIONES

6.- CONCLUSIONES

Como fue señalado anteriormente, vista la dificultad de trabajo de campo a la hora de medir y fotografiar, este proceso se hizo conjuntamente con Mercedes González Cabero ya que trabajamos con dimensiones grandes y complejas de tratar. Por lo tanto después de un análisis conjunto de nuestros proyectos hemos llegado a las siguientes conclusiones:

Sobretudo queremos resaltar algunos de los problemas que nos fueron surgiendo durante el trayecto del proyecto.

En primer lugar, lo que me resulto más dificultoso fue el trabajo de campo, no a nivel complejidad sino a nivel de operar con las máquinas y sus dimensiones. Además de las numerosas herramientas en los laboratorios que dificultaba el hecho de centrar las fotografías a realizar, hecho con el que contábamos ya que un laboratorio es un lugar de trabajo práctico.

Como buena nota queríamos añadir la buena disponibilidad de los profesores y personal de la Escuela que nos pusieron las aulas a nuestra disposición y acceso, además de la de nuestro tutor que nos facilitó todo el material y conocimientos necesarios.

Para concluir este trabajo quería resaltar los buenos resultados obtenidos, además del grado de aprendizaje obtenido sobre todo a nivel programación con el programa Unity y un punto de vista nuevo en el tema de la fotogrametría, lo cual ha resultado muy interesante y novedoso para nuestros conocimientos al concluir la carrera , a pesar del grado de dificultad que ha supuesto, ya que no teníamos ningún conocimiento del manejo de estos dos nuevos programas, ni del amplio tema que supone la programación.

7. BIBLIOGRAFÍA

7. BIBLIOGRAFÍA

Técnicas CAD

- **“AutoCAD 2013: Curso Avanzado”** Josep Molero.
- <http://lenguajedeingenieria.files.wordpress.com/2013/02/introduccion3b3n-al-cad-cam.pdf>

Fotogrametría y PhotoModelerScanner

- **“Fotogrametría práctica. Tutorial PhotoModeler”**. Cuelli Lopez, Jorge Tomás. Ediciones Tantín, 2011. ISBN: 978-84-96920-93.
- Sociedad española de cartografía, fotogrametría y teledetección - <http://www.secft.org/>
- www.photomodeler.com

Mundos Virtuales y Unity3D

- ***“Tutorial de Unity 3D. Introducción a la GUI de Unity 3D”*** Asociación de informáticos de Zaragoza.
- ***“3D Platformer Tutorial. Building a 3D Platform Game in Unity 2.0”***
- “Manual Unity”
- “Unity 3D game Development by Example. Beginner’s Guide”. Ryan Henson Creighton. Packt Publishing.
- <http://spanish.unity3d.com/unity/whats-new/unity-3.5>