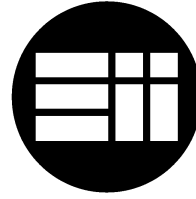




UNIVERSIDAD de VALLADOLID



ESCUELA de INGENIERÍAS INDUSTRIALES

INGENIERO TÉCNICO EN DISEÑO INDUSTRIAL

PROYECTO FIN DE CARRERA

**CAMERA MATCH E INTEGRACIÓN DE
OBJETOS 3D EN FOTOGRAFÍA**

Autor:

Tejero González, David

Tutor:

Escudero Mancebo, David

Departamento de Informática

Julio — 2013

AGRADECIMIENTOS

A David Escudero Ledesma, tutor del presente proyecto.

A Antonio Álvaro Tordesillas, por la ayuda sobre el análisis de ángulos y puntos de fuga.

Y finalmente a mi familia y amigos, por estar siempre ahí.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	3
ÍNDICE	5
1 INTRODUCCIÓN	9
1.1 Ajuste de cámara o Camera Match.....	9
1.2 Nomenclatura.....	9
2 ESTADO DEL ARTE	12
1.1 Procesos que precisan de datos del Entorno real.....	12
1.1.1 Herramienta <i>Camera match</i> en 3D Studio Max.....	12
1.2 Procesos no dependientes de datos del Entorno real	13
1.2.1 Análisis del método estudiado en Rendering Synthetic Objects into Legacy Photographs 14	
1.3 Otros procesos cercanos al Camera Match.....	16
1.3.1 Análisis del sistema Photo Clip Art	17
3 PLANTEAMIENTO	19
3.1 Dificultades del planteamiento	19
3.1.1 Generalidad.....	19
3.1.2 Automatización.....	19
3.1.3 Precisión	20
3.1.4 Disponibilidad.....	20
3.2 Solución adoptada	21
3.3 Software utilizado.....	21
4 PROCESO.....	23
4.1 Análisis y corrección de la lente.....	23

4.2	Análisis de la perspectiva	26
4.3	Ajustes en el software 3D	27
4.4	Creación de la Cámara	29
4.5	Realización de cálculos	31
4.6	Alineación con puntos de fuga no centrales	33
4.7	Casos específicos y excepciones	35
4.7.1	<i>Imagen de fondo</i> en posición vertical	35
4.7.2	Cámara inclinada	35
4.7.3	Falsos planos de suelo horizontales	36
4.8	Indicaciones sobre iluminación	36
4.8.1	Iluminación mediante el sistema Sunlight	36
4.9	Análisis de sombras	37
4.9.1	Perspectiva vertical	38
4.9.2	Perspectiva no vertical	40
5	GUÍA EJEMPLIFICADA DE LA UTILIDAD DE CAMERA MATCH DE 3D STUDIO	43
5.1	Utilidad de Camera Match en 3D Studio	44
6	GUÍA EJEMPLIFICADA DEL PROCESO DE CAMERA MATCH EN UN EXTERIOR	49
6.1	Corrección de lente de la Imagen de fondo	50
6.2	Análisis de la perspectiva de la Imagen de fondo	51
6.3	Ajustes previos en el software 3D	52
6.4	Ajuste vertical de la cámara	54
6.5	Ajuste de las líneas de fuga del Modelo	57
6.6	Aplicación del material Matte/Shadow	58
6.7	Iluminación y Sombras	60
6.7.1	Análisis de la perspectiva de las sombras	61
7	GUÍA EJEMPLIFICADA DEL PROCESO DE CAMERA MATCH EN UN INTERIOR	65

7.1	Corrección de lente de la Imagen de fondo	66
7.2	Análisis de la perspectiva de la Imagen de fondo	67
7.3	Ajustes previos en el software 3D	68
7.4	Ajuste vertical de la cámara.....	71
7.5	Ajuste de las líneas de fuga del Modelo	73
7.6	Aplicación del material Matte/Shadow	74
7.7	Iluminación y Sombras	75
7.7.1	Análisis de la perspectiva de las sombras	76
8	CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO	83
8.1	CONCLUSIONES.....	83
8.2	Trabajo futuro	85
9	BIBLIOGRAFÍA.....	89

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Ajuste de cámara o Camera Match

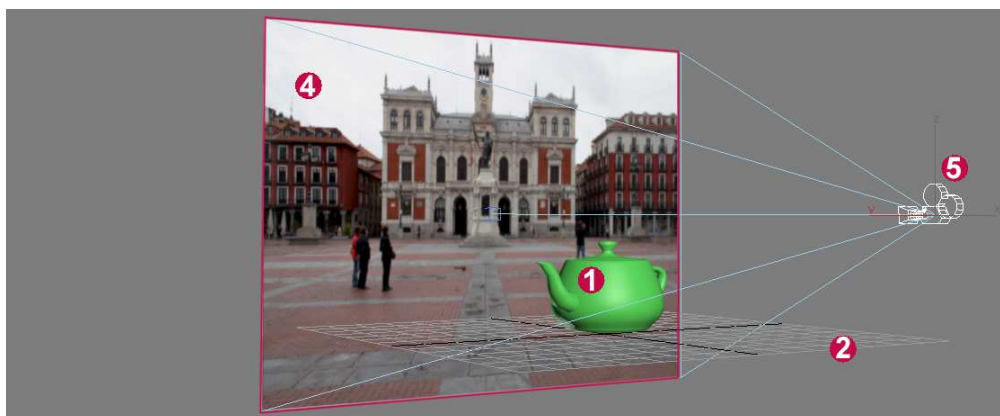
Por este nombre se engloba a los diferentes procedimientos por los cuales se integra un renderizado de un objeto, modelado previamente mediante un *software* 3D, en un entorno 2D plano, generalmente una fotografía; de forma que el conjunto final quede integrado y no se perciba diferencia alguna entre las perspectivas de dichos dos componentes de la imagen final. De esta forma, en el presente proyecto se pretende realizar la búsqueda de un procedimiento que dé solución al problema del *Camera Match*, y realizar posteriormente una correcta y detallada explicación del mismo, de forma que sea sencilla en su seguimiento. Así, se analizarán los diferentes procesos existentes hallando las ventajas y desventajas de cada uno, y a partir de los mismos se diseñara un nuevo proceso que trate de presentar nuevas ventajas ausentes en los ya existentes.

Se estudiarán los diferentes casos encontrados en función de los variados tipos de perspectivas que las imágenes 2D puedan poseer, tratando de buscar un método general, y en caso de no lograrse, tratar cada caso diferente uno por uno.

1.2 Nomenclatura

Para una mayor facilidad en el análisis del proyecto y sus diferentes secciones, se procederá a denominar según las siguientes definiciones los diferentes conceptos que a continuación se exponen:

1. **Modelo**: Se denominará de esta forma al objeto 3D cuya geometría habrá sido modelada previamente, y que será el objetivo a incluir correctamente sobre la ***Imagen de fondo***.
2. **Entorno 3D**: Se trata del “espacio” en el que haya sido creado el ***Modelo***, encontrado dentro del *software* de trabajo en 3D que se esté utilizando.
3. **Entorno real**: Se denominará así al medio real en el que será obtenida la ***Imagen de fondo***. Podrá darse el caso en el que nos sea desconocido o resida fuera de alcance.
4. **Imagen de fondo**: Se trata de la imagen sobre la cual se tratará de insertar el ***Modelo***. Puede ser producto de una fotografía obtenida por nosotros mismos de un ***Entorno real***, puede ser una fotografía a cuyo ***Entorno real*** no tenemos acceso, o puede incluso ser otro tipo de imagen 2D proveniente de otras fuentes (un renderizado preexistente de un ***Entorno 3D***, una ilustración, etc).
5. **Cámara**: Cámara a ajustar en el ***Entorno 3D*** para adecuarse a la perspectiva de la ***Imagen de fondo***.



2 ESTADO DEL ARTE

Actualmente se pueden encontrar diferentes sistemas o procesos que tratan de dar respuesta al problema planteado. Estos procesos se pueden dividir o clasificar en función de ciertas características de su planteamiento: según precisen o no de datos del *Entorno real* en el que fue obtenida la *Imagen de fondo*, según sean manuales o automatizados o incluso según su exactitud.

1.1 Procesos que precisan de datos del Entorno real

Este tipo de aproximaciones son las más comunes en el *Camera Match*. Se trata de procesos que precisan de una serie de datos obtenidos *in situ* sobre el *Entorno real* en el que se ha obtenido la *Imagen de fondo*. Normalmente estos datos precisados suelen ser las distancias entre una serie de entre cinco y seis puntos, los cuales deberían ser siempre localizables posteriormente sobre dicha *Imagen de fondo*.

1.1.1 Herramienta *Camera match* en 3D Studio Max

Uno de los ejemplos más claros de este tipo de aproximaciones es la correspondiente a la utilización de la herramienta *Camera Match* del software 3D Studio Max. Este proceso consiste en la medición sobre el *Entorno Real* de las distancias y ubicaciones respecto a un origen de una serie de puntos. Dichas ubicaciones serán posteriormente introducidas una a una en la utilidad de *Camera Match*, la cual finalmente creará una *Cámara* que cumpla los requisitos impuestos por la posición de los puntos ya ubicados. En el presente proyecto se adjunta una guía ejemplificada del proceso de uso de la herramienta *Camera Match* de 3D Studio Max en el capítulo 5.

Tal y como se indica, al precisar de la obtención de unos puntos que luego deberán ser marcados en la fotografía, esta utilidad será de tipo manual. Así, precisará de la

realización de medidas *in situ* sobre el **Entorno real**, la marcación de esos puntos dentro del **Entorno 3D** de trabajo y finalmente su señalización en el mapa de bits que será la **Imagen de fondo**. De esta forma, la herramienta en cuestión solamente automatiza el método por el cual se coloca finalmente la **Cámara** hasta hacer coincidir en su punto de vista los puntos señalizados en el **Entorno 3D** y en la **Imagen de fondo**, haciéndolo mediante un proceso interno del software que sigue un algoritmo, a priori desconocido para el usuario.

Observando el método en cuestión, se puede deducir que todo error que se pueda encontrar provendrá de la eficacia y eficiencia de dicho algoritmo. También se debe suponer que el proceso interno posee algún tipo de holgura que permita utilizar unos datos de partida con una precisión tal que no suponga problemas al usuario. Así, todo error que pueda poseer el método provendrá de los datos de partida: las distancias entre los puntos y su ubicación sobre la **Imagen de Fondo**.

Se debe hacer constar que el algoritmo interno no siempre devolverá una solución al proceso, ya que ciertos errores en la introducción de los datos o falta de precisión en las medidas podrán volver imposible el hallar una solución. Se debe hacer notar también los problemas que esto podría suponer en el caso de que no fuera inmediato el acceder al **Entorno Real** para repetir las mediciones, retrasando enormemente la realización del proceso.

1.2 Procesos no dependientes de datos del Entorno real

Otro tipo de aproximaciones son aquellas que buscan dar solución al problema del *Camera Match* sin tener que recurrir a mediciones ni toma de datos en el **Entorno real**. De esta forma se buscaría analizar la perspectiva de la **Imagen de fondo** directamente en sus dos dimensiones, y a partir de dicho análisis encontrar la posición correcta de la cámara fotográfica en el **Entorno 3D**. A causa de esto, se obtendrán procesos de una

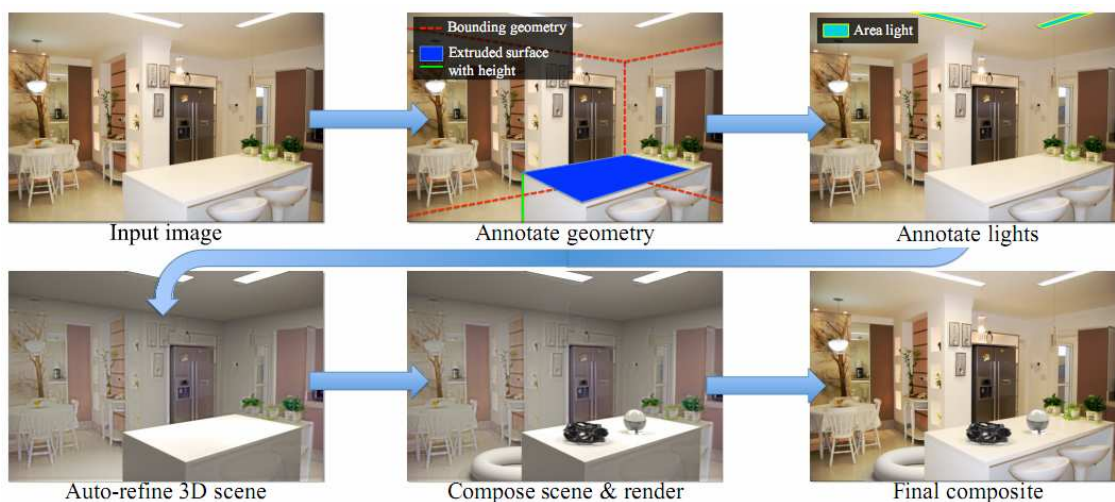
exactitud menor debido a que los datos de partida son tomados directamente sobre la *Imagen de fondo*, pudiendo incurrir en ciertos errores importantes.

En la actualidad, gran parte de los casos de este tipo de procesos buscan la generación de un algoritmo informático que ayude al usuario en la toma de datos de la *Imagen de Fondo*. En algunos estudios y métodos se camina incluso hacia la obtención completamente automatizada de los datos de dicha *Imagen de Fondo*, pero en cualquiera de dichos estudios se trata todavía de métodos en proceso de elaboración y fase de mejora. Uno de los estudios más recientes es el propuesto por Kevin Karsch, Varsha Hedau, David Forsyth y Derek Hoiem: *Rendering Synthetic Objects into Legacy Photographs* [1], el cual se analizará a continuación.

1.2.1 Análisis del método estudiado en Rendering Synthetic Objects into Legacy Photographs

En dicho artículo se expone el estudio y creación de un método que dé solución al *Camera Match*, tan solo a partir de datos extraídos de una *Imagen de Fondo*. Dicho método está especialmente enfocado a obtener una simulación eficaz de la iluminación del *Entorno Real* en interiores.

A partir de las líneas de perspectiva de la habitación capturada en la *Imagen de Fondo* se obtienen las características aproximadas de la perspectiva, así como algunas anotaciones sobre elementos situados en la misma (paredes, techo, obstáculos, fuentes de luz visibles, ...). El método resulta especialmente efectivo en aquellos casos en que la fuente de iluminación es fácilmente detectable, siendo de especial relevancia el hecho de que se busque una solución lo más automatizada posible.



Este método se basa en estudios y artículos anteriores, especialmente en el área de análisis de perspectiva y búsqueda automatizada de bordes en la *Imagen de Fondo*. En algunos de estos artículos se pueden observar los resultados de la aplicación de los métodos y algoritmos utilizados para dichos análisis, tal y como ocurre en *Recovering the Spatial Layout of Cluttered Rooms* [2], de Varsha Hedau, Derek Hoiem y David Forsyth:



O en *A new Approach to Vanishing Point Detection in Architectural Environments* [2], de Carsten Rother:



Analizando en profundidad este método, se puede observar cómo se requiere que el origen de la iluminación del *Entorno Real* quede visible en la propia *Imagen de Fondo*, de forma que resulta sencillo hallar la dirección en que la luz incida sobre el *Modelo* a situar. Esto se puede advertir en que el método resulta totalmente orientado a *Entornos Reales* de interiores, en los cuales tanto la perspectiva como las fuentes y direcciones de iluminación suelen resultar más fácil de hallar. De este modo se puede encontrar un nicho por estudiar en aquellos *Entornos Reales* abiertos y en los que las fuentes de iluminación sean menos evidentes.

1.3 Otros procesos cercanos al Camera Match

En el mundo de los montajes de 3D y 2D, infografías y otros procesos similares, podemos encontrar otro tipo de soluciones cercanas al *Camera Match*. Si bien estos casos no se podrían considerar como un ajuste de cámara propiamente, sí pueden servir de referencia o tener algún punto en común con lo que aquí se analiza. Algunos de estos procesos se basan en la ayuda para la realización de infografías, o para la facilitación de su acabado, y entre ellos destaca el trabajo *Photo Clip Art* [4], de Jean-François Lalonde, Derek Hoiem, Alexei A. Efros, Carsten Rother, Jon Winn y Antonio Criminisi.

1.3.1 Análisis del sistema Photo Clip Art

Al igual que en los camera Match, el sistema de *Photo Clip Art* ofrece la posibilidad de integrar nuevos objetos en fotografías existentes. Sin embargo, se da una radical diferencia de base, ya que *Photo Clip Art* integra imágenes en dos dimensiones provenientes de una gran base de datos, creando un fotomontaje de forma automatizada y con una gran ayuda gracias a dicho software.



Se trata de una herramienta diseñada para la creación de fotomontajes 2D orientados a infografías. De este modo, primeramente se realiza el análisis de la imagen a mejorar mediante un algoritmo interno, tras la cual la herramienta resulta capaz de ayudar en la inclusión de imágenes en la misma de forma adecuada, manteniendo las proporciones y adaptándolas a los colores e iluminación habidos en la fotografía. Las diferentes imágenes provienen de una gran base de datos, permitiendo la inclusión de imágenes de personas paseando, coches en diferentes posiciones y otros elementos comunes, empequeñeciéndolas o agrandándolas según la colocación deseada dentro de la perspectiva de la imagen.

De este modo, tras un análisis inicial de la imagen, el software permite seleccionar imágenes de entre una enorme base de datos, de forma que pueda encontrarse alguna adecuada para su inclusión en la fotografía original, ayudando el programa con la ubicación, tamaño y coloración de dicha imagen, e incluso con la adición de sombras proyectadas. Se debe hacer notar que este método permite la inclusión de objetos o imágenes de su base de datos, lo cual en principio no daría solución a todos los casos que el *Camera Match* puede plantear, siendo sobre todo una herramienta eficaz en la ayuda para la adición de realismo y elementos finales sobre infografías.

Pese a las diferencias halladas ya desde el planteamiento base, este sistema puede servir de referencia como un método automatizado completamente implementado y plenamente disponible para el usuario. Además, el análisis de la *Imagen de Fondo*, perspectiva e iluminación resulta ser tan útil como punto de referencia como el de cualquiera de los métodos anteriores.

Resulta de gran importancia mencionar cómo en el artículo relativo a este sistema se analizan honestamente las restricciones del mismo, así como los escenarios potencialmente problemáticos para el software. Así podemos ver cómo las situaciones de iluminación especiales o extremas, las perspectivas complejas y algunos tipos de elementos dan problemas a los procesos automatizados, permitiéndonos esto valorar la medida en la que todavía se depende del control y supervisión humanos en estos métodos.

Las siguientes imágenes, extraídas del artículo, sirven de ejemplo para las anteriores afirmaciones, evidenciando cómo la especial tonalidad naranja de la iluminación en la primera pareja de imágenes impide la obtención de una solución correcta, mientras que en la segunda pareja la angulación del coche no permite una adecuada colocación de su sombra, desentonando con la perspectiva.



3 PLANTEAMIENTO

3.1 Dificultades del planteamiento

Tal y como se ha podido observar en el análisis del estado actual y antecedentes previos al presente proyecto, se puede observar la existencia de diferentes dificultades al afrontar una nueva solución al problema del *Camera Match*, las cuales se detallan a continuación.

3.1.1 Generalidad

El problema de la generalidad de la solución se relaciona con la gran cantidad de casos de partida que pueden ser encontrados. Desde factores tan variables y diferentes como la iluminación capturada en la *Imagen de fondo*; la amplitud de ángulos por haber de la cámara, al poseer potencialmente todos los grados de libertad posibles; el *Entorno Real* capturado en dicha fotografía o la posición deseada del *Modelo* 3D a integrar en la misma. Así, pretender que se puede obtener una única solución siempre verdadera e irrefutable, resulta excesivamente presuntuoso.

3.1.2 Automatización

El problema de poder producir una solución automatizada está intrínsecamente relacionado con el de la generalidad de la misma. A mayor variedad de datos en el planteamiento a solventar, mayores serán los escenarios a los que dar solución, y por ende mayor la complejidad para obtener un algoritmo útil y eficaz. De esta forma se puede observar que los procesos manuales, o “paso a paso”, tienen todavía cabida a corto plazo pese a los fuertes avances tecnológicos y de capacidad de procesamiento.

Adicionalmente, se debe hacer notar la dificultad para extraer de forma automática y a la vez precisa los datos de la imagen de partida. Esto nos remite, tal y como ocurre en la actualidad, a que las soluciones automatizadas quedan restringidas casi exclusivamente a los casos en los que se poseen datos del *Entorno real*.

3.1.3 Precisión

Normalmente la precisión de la solución a obtener está estrechamente unida a los datos de partida poseídas. Así, si poseemos datos del *Entorno real* conseguiremos siempre soluciones más eficaces. Sin embargo, los datos obtenidos de la imagen de partida no deben ser ni mucho menos desdeñados, ya que siempre se debe tener en cuenta que el fin de estos procesos tan sólo es engañar a la percepción visual. Esto es por sí mismo argumento suficiente para permitir que los datos obtenidos visualmente o mediante aproximaciones puedan ser válidos, siempre y cuando estas sean aceptables y hayan sido realizadas con el debido detalle.

3.1.4 Disponibilidad

Con gran relación con los factores ya citados, especialmente con la automatización, la disponibilidad se refiere a la capacidad actual para crear el proceso buscado, de tal forma que resulte accesible al usuario medio en un corto período de tiempo cercano. Tal y como se ha explicado en el capítulo anterior, en la actualidad se está trabajando en procesos que buscan soluciones más o menos automatizadas, y que cada vez requieran menos de la intervención y supervisión del ojo humano. Sin embargo, la realidad es que todavía continúan en estado de producción, no estando disponibles para el usuario común, y no estándolo probablemente a corto plazo al menos.

3.2 Solución adoptada

Habiendo visto las dificultades anteriormente enumeradas y detalladas, resulta obvio que la solución óptima sería aquella completamente genérica, automatizada, precisa y finalmente accesible, e igualmente obvio que en la actualidad no se pueden obtener dichas características todas a la vez.

A la hora de generar una solución en este proyecto, se ha dado prioridad a crear un proceso accesible y realizable con las herramientas y *software* disponibles en la actualidad, obligando esto a generar un proceso manual y metódico, lo cual lleva inherentemente a una precisión suficientemente eficaz gracias a la supervisión directa del usuario. Para conseguir una gran generalidad y así dar solución al mayor abanico de casos posible, se buscará diseñar un método que parta tan solo de la *Imagen de fondo*, de la cual se extraigan la mayor cantidad de datos posibles y parámetros, buscándose de esta forma no precisar de datos del *Entorno real*.

3.3 Software utilizado

Al tratarse de un proceso manual, se deberán especificar los diferentes pasos a seguir y estos deberán ser realizables con un *software* básico, como sería el de un programa de modelado y renderizado de 3D y otro de edición de fotografía o imagen 2D. Así, no se utilizará ni creará *software* adicional alguno que quede fuera del alcance del usuario medio. En concreto, se utilizará como *software* de modelado y renderizado el Autodesk 3D Studio Max Design 2012, y como programa de edición 2D Adobe Photoshop CS5, por lo que las directrices y pasos a seguir se indicarán para ambos dos, si bien serán fácilmente trasladables a otro *software* similar.

4 PROCESO

El proceso constará de varias partes, siendo alguna de ellas de uso en casos concretos según se indicará consecuentemente. En términos generales, en primer lugar se deberá analizar la *Imagen de fondo* en la cual se pretenderá realizar el *Camera Match*, describiéndose los pasos a seguir a continuación.

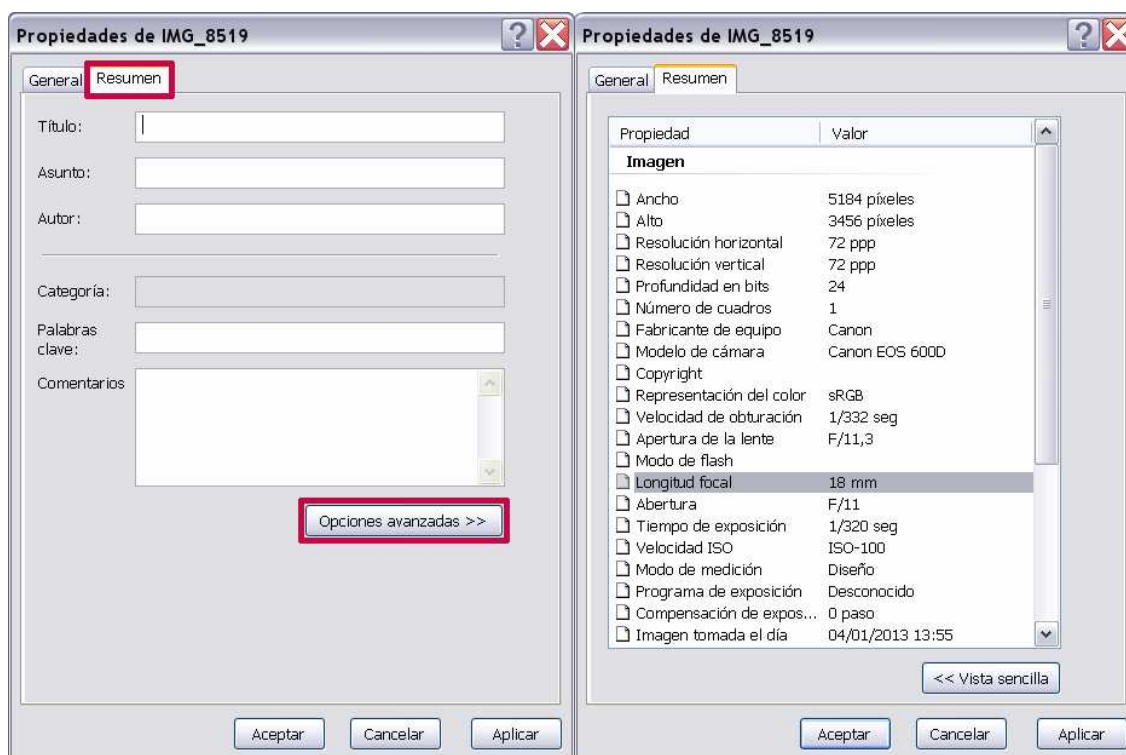
4.1 Análisis y corrección de la lente

Si se trata de una fotografía se deberá tener en cuenta que posiblemente la lente utilizada para obtenerla pueda haber distorsionado la imagen, teniendo así líneas curvas donde en la realidad son rectas, lo cual impide un correcto análisis de la perspectiva. De esta forma, el primer paso a dar será buscar información sobre la fotografía en cuestión, la cual podrá obtenerse de diferentes formas.

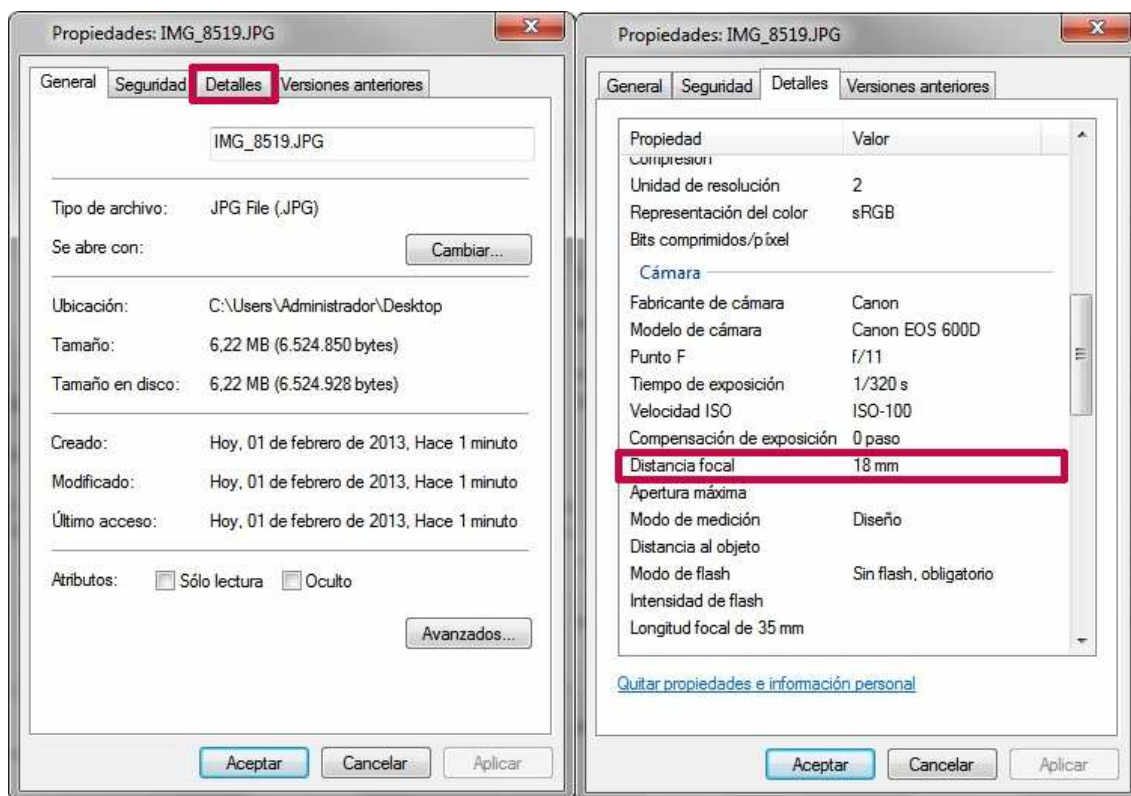
La vía más sencilla es la de haber obtenido uno mismo la fotografía y por lo tanto conocer la cámara, o bien por disponer de esa información de antemano. Si esto no resulta posible, el camino más eficaz será el de analizar los datos adicionales que todo archivo de una fotografía posee. Para ello, deberemos buscar en los *metadatos* de dicho archivo de nuestra fotografía, bien sea a través de alguno de los múltiples programas de *software* libre que nos permiten analizar este tipo de datos, o bien sea a través de las opciones que nos permiten la mayoría de los sistemas operativos. A continuación explicaremos en detalle cómo realizarlo en los SO de Windows XP y Windows 7.

- En Windows XP: Deberemos acudir a la carpeta en la que se halle el archivo de la fotografía a utilizar. Una vez allí haremos clic derecho sobre el mismo y escogeremos la opción de Propiedades, lo cual nos abrirá una ventana de igual nombre. En ella deberemos acudir a la pestaña Resumen y hacer clic en

“Opciones Avanzadas >>”. Se nos mostrará una lista con los *metadatos* de la fotografía, en los cuales deberemos buscar la entrada de Longitud Focal y anotar el valor que se muestre, pues este deberá ser el que utilizemos para hallar la lente que deberá caracterizar a nuestra *Cámara* creada en el *Entorno 3D*. Adicionalmente, deberemos anotar el campo de *Modelo* de *Cámara* para su uso posterior.

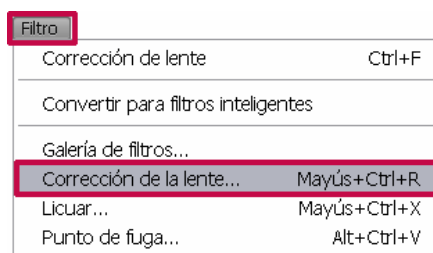


- En Windows 7: Deberemos acudir a la carpeta en la que se halle el archivo de la fotografía a utilizar. Una vez allí haremos clic derecho sobre el mismo y escogeremos la opción de Propiedades lo cual nos abrirá una ventana de igual nombre. En ella deberemos acudir a la pestaña en la cual se nos mostrará una lista con los *metadatos* de la fotografía, en los cuales deberemos buscar la entrada de Longitud Focal y anotar el valor que se muestre, pues este deberá ser el que utilizemos para hallar la lente que deberá caracterizar a nuestra *Cámara* creada en el *Entorno 3D*. Adicionalmente, deberemos anotar el campo de *modelo de cámara* para su uso posterior.



Tras haber obtenido la longitud focal con la que se obtuvo la fotografía, deberemos tener en cuenta un dato más: el *Crop Factor* o “*Focal Lens Multiplier*” (FLM). Esta cifra depende de cada cámara en concreto y es fácilmente adquirida del fabricante, pudiéndola encontrar con una sencilla búsqueda por Internet al tener ya el modelo concreto de cámara. Una vez obtenido este factor, le multiplicaremos por la longitud focal hallada en los *metadatos*, obteniendo así el verdadero valor de la lente que obtuvo la imagen. Anotaremos este dato para su uso posterior en el **Entorno 3D**.

A continuación, deberemos corregir la distorsión de nuestra fotografía para así poder analizar más fácilmente su perspectiva. Para ello, abrimos la imagen con Photoshop y hacemos clic en el menú Filtro/Corrección de la lente [Mayús+Ctrl+R]. En la ventana que se abrirá,



podremos elegir la opción de Buscar en línea, la cual ofrece una rápida y sencilla solución en la mayoría de los casos a la búsqueda de qué modelo de cámara fue la que tomó la fotografía, así como sus características. Si la búsqueda online no resulta efectiva, deberíamos ser capaces de seleccionar una cámara de entre las que los menús que el programa ofrece, gracias a los *metadatos* ya encontrados de nuestra fotografía.

Mantendremos activadas las casillas de “Distorsión geométrica”, así como la de “Escala automática de la imagen” para no modificar el tamaño efectivo de la misma. Una vez realizado esto, procedemos a hacer clic en el botón “OK”.



4.2 Análisis de la perspectiva

El siguiente paso a realizar será el del análisis de la perspectiva de la propia *Imagen de fondo*. Para ello deberemos abrirla en un *software* de edición de imágenes, que como ya hemos mencionado en nuestro caso usaremos Photoshop CS5.

Una vez abierta dicha imagen se procederá a marcar mediante un color fácilmente visible las líneas de la imagen que fugan hacia el horizonte. Para tratar de minimizar en lo posible los fallos relativos en esta operación, se recomienda intentar marcar aquellas líneas más fácilmente identificables, de mayor longitud, y sobre todo cuyo ángulo con la horizontal sea más amplio. Esto último se debe a que si el ángulo formado con esta es pequeño, a pequeñas variaciones en el ángulo de la línea variará mucho su intersección con otras líneas de fuga.

Para la realización de esta operación, una posibilidad es utilizar la herramienta de pluma, trazando primero juntas dos líneas que confluyan en un mismo punto, formando un ángulo, y así poder ajustar ambas moviendo su vértice común, para posteriormente contornear dicho trazado de la pluma de forma definitiva.

Es importante hacer notar que deberemos siempre marcar líneas que en el *Entorno real* sean horizontales respecto al plano del suelo, no marcando así rampas ni similares, ya que este tipo de geometrías no fugarán hacia la línea de horizonte si no hacia un punto de diferente altura.

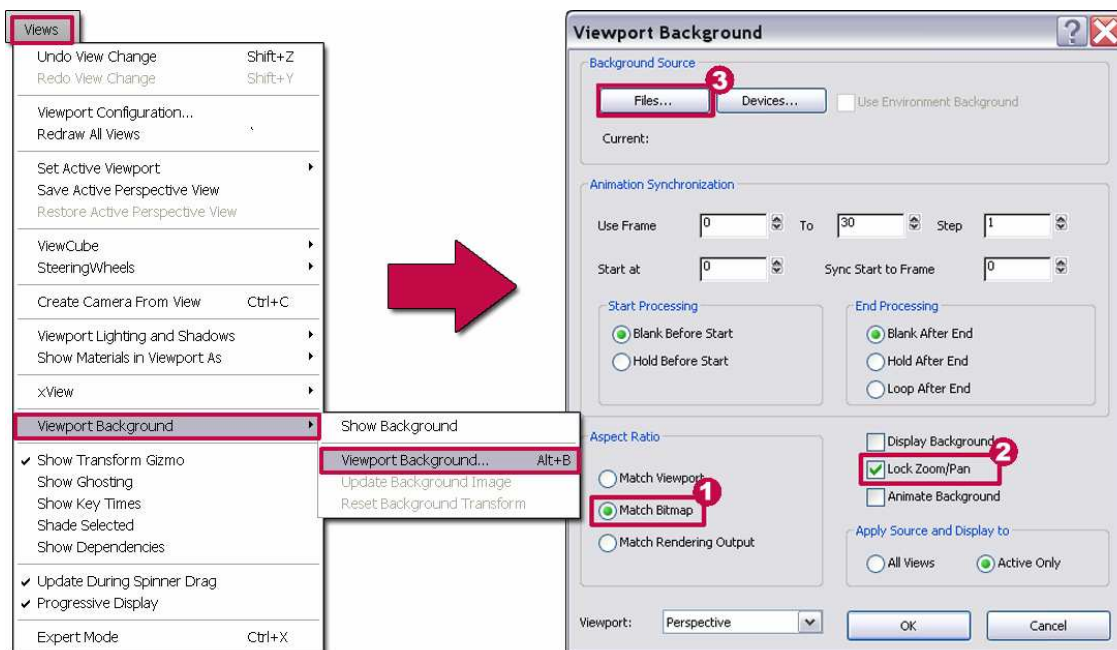
Se recomienda hacer sucesivas revisiones de este análisis, retocando dichas líneas marcadas para llegar a una solución lo más exacta posible. Una vez que se tienen una o más líneas de fuga marcadas tendremos ya clara la posición de la línea de horizonte de nuestra *Imagen de fondo* al pasar esta por los puntos de fuga.



Una vez obtenida la línea de horizonte, deberemos medir su distancia en píxeles respecto al medio de la imagen, anotando este dato para su uso posterior.

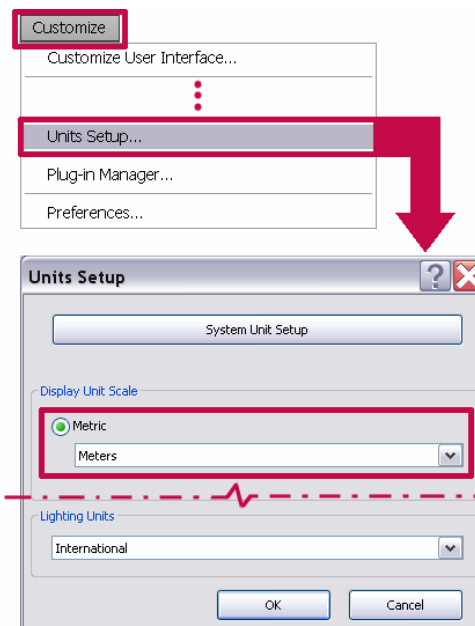
4.3 Ajustes en el software 3D

Una vez obtenido todo lo anterior, se procederá a llevar la *Imagen de fondo* al Entorno de 3D en el cual tenemos modelado nuestro *Modelo*, activando previamente algunas opciones.



Manejando el *3D Studio Max Design*, se procederá a hacer clic en *Views/Viewport Background/Viewport Background...* donde se procederá a confirmar que estén activas las casillas de *Match Bitmap* (1) y de *Lock Zoom/Pan* (2). Una vez confirmado esto, se procederá a importar la *Imagen de fondo*, ya con las líneas de fuga y de horizonte marcadas. Para ello se hará clic en esa misma ventana en el botón “*Files...*” (3), buscando en el equipo hasta seleccionar la imagen en cuestión.

El paso siguiente será realizar los ajustes en el programa para designar unas unidades en el entorno del mismo. Este paso pese a no ser imprescindible, será de ayuda al volver menos ambiguo el aspecto de las dimensiones. Será de especial ayuda a la hora de determinar la altura de la *Cámara* en el *Entorno 3D*, y posiblemente ayudando en la relación de dicha altura de la *Cámara* con las dimensiones del *Modelo*.

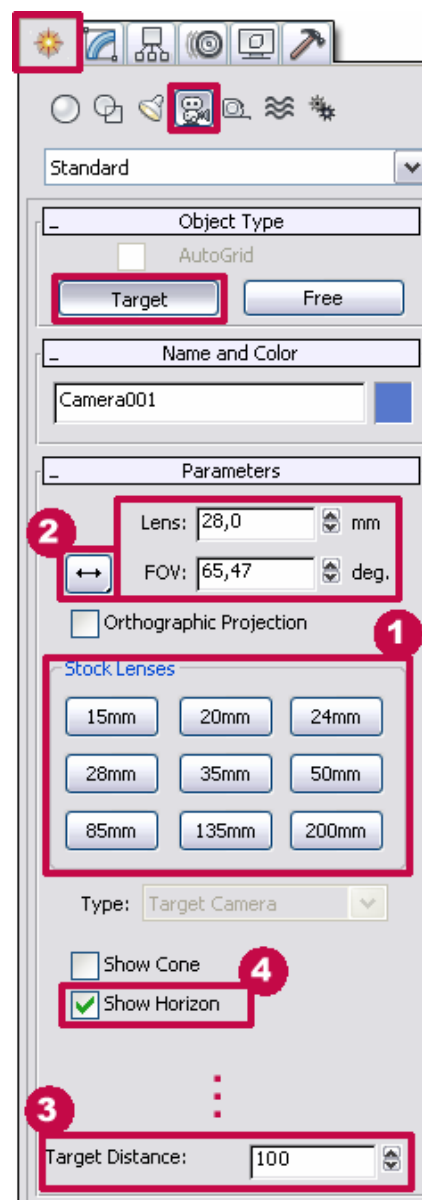


Para llevarlo a cabo, deberemos acudir a *Customize/Units Setup...* Donde podremos escoger el sistema métrico que más nos convenga. En nuestro caso utilizaremos el Sistema Métrico Decimal, tomando como unidad básica los metros.

4.4 Creación de la Cámara

El siguiente paso será crear la **Cámara** cuyas características alteraremos para hacerla coincidir con la perspectiva buscada. Para ello iremos al submenú *cameras*, dentro del menú *Create*, y ahí haremos clic sobre *Target*. Será ahora cuando se hará uso del tipo de objetivo y cámara que realizó la fotografía de la **Imagen de fondo**, seleccionando en *Stock lenses* (1), dentro de la pestaña de *Parameters*, el valor correspondiente a la misma, hallado anteriormente tras multiplicar el *Crop Factor* por el valor de la Longitud Focal de los *metadatos*. En caso de no aparecer el valor entre las *Stock lenses*, podremos introducirlo manualmente un poco más arriba (2). También se procederá a marcar la opción *Show horizon* (4).

En esa misma pestaña podremos observar las diferentes lentes que ofrece este *software*, y operando sobre el botón de flechas (2), podremos observar los diferentes ángulos de amplitud que forman las mismas. Así, se puede configurar una lista con las lentes más comunes y sus correspondientes ángulos en 3D Studio, tal y como se adjunta a continuación.



Lentes	Amplitud horizontal	Amplitud vertical	Amplitud diagonal
15mm.	100,389°	83,974°	112,62°
20mm.	83,974°	68,039°	96,733°
24mm.	73,74°	58,716°	86,305°
28mm.	65,47°	51,481°	77,569°
35mm.	54,432°	42,185°	65,47°
50mm.	39,598°	30,219°	48,455°
85mm.	23,913°	18,049°	29,653°
135mm.	15,189°	11,421°	18,925°
200mm.	10,286°	7,723°	12,838°

Y debido a que la *Cámara* que se busca ajustar será siempre la del *software*, serán estos valores los que habremos de utilizar en nuestros cálculos.

El siguiente paso a realizar, una vez seleccionado el tipo de cámara, será colocar la misma en el *Entorno 3D* según unas ciertas indicaciones. Debemos tratar de colocar la *Cámara* a una altura aproximadamente igual a la que la cámara original sacara la foto. Si suponemos que la foto fue sacada, como suele ser normal, desde la altura de la cabeza del fotógrafo, podremos suponer una altura aproximada de la *Cámara* de 1,60 a 1,70 metros. La exactitud de esta apreciación no será de una importancia absoluta, ya que la única consecuencia será una leve variación en la posición inicial de nuestro *Modelo*, la cual podrá ser siempre corregida manualmente.

En cualquier caso, podremos utilizar el análisis de la perspectiva en la *Imagen de fondo* para confirmar que la aproximación es cercana a la realidad, ayudándonos de elementos que nos sirvan de referencia. Esto es debido a que la línea de horizonte en dicha imagen estará a la misma altura en el *Entorno real*, sirviéndonos así de gran ayuda, y siempre a nivel orientativo, elementos como personas que aparezcan en la fotografía, u otros objetos que normalmente tengan un tamaño aproximadamente constante, como podrían ser coches, umbrales de puertas, etc... Guiándonos por estas

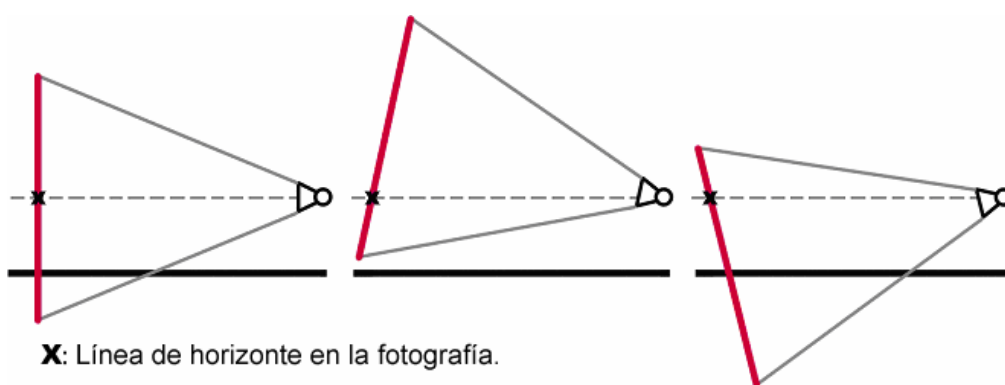
pautas, podremos tomar como válida la aproximación dada a la altura de la *Cámara* en el *Entorno 3D*.

La *Cámara* deberemos disponerla en un primer momento apuntando recta hacia el *Modelo*, de forma que la línea que une la *Cámara* y su target sea paralela a las líneas del *Modelo* que queramos que fuguen hacia, valga la redundancia, el punto de fuga de la *Imagen de fondo*.

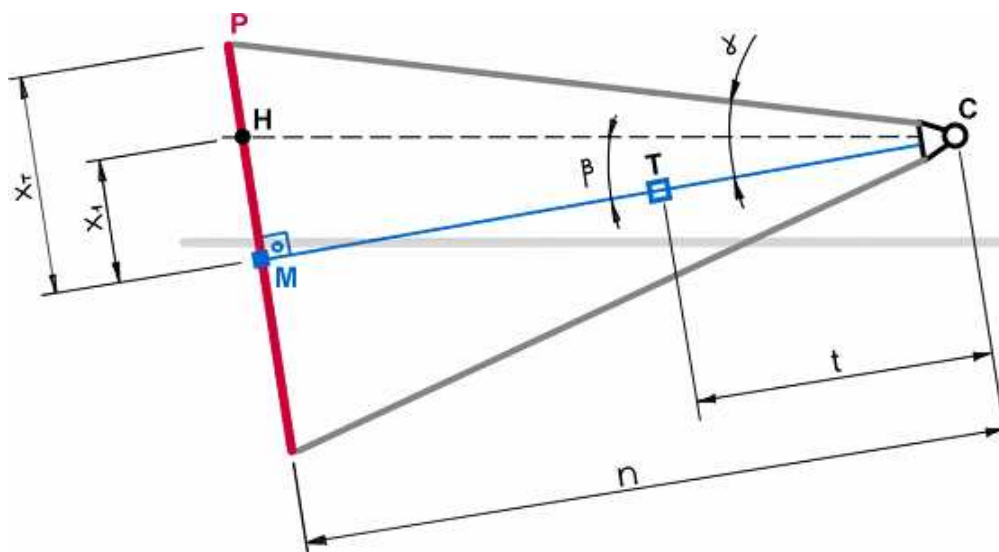
4.5 Realización de cálculos

A continuación se procederá a explicar los cálculos necesarios para orientar la *Cámara* de forma que el horizonte de la misma coincida con el de la *Imagen de fondo*.

Observando la imagen de más abajo podemos ver un esquema del perfil de la *Cámara*, siendo la distancia entre la *Cámara* y la *Imagen de fondo* indeterminada. En ella podemos observar que el horizonte para dicha *Cámara* se obtendría trazando un plano horizontal a su misma altura e interseccionándolo con la *Imagen de fondo*. De esta forma, desplazando el target hacia arriba estaríamos desplazando el horizonte de la *Cámara* hacia abajo en la *Imagen de fondo*, y al revés si hiciéramos al contrario.



A partir de esto, podremos hacer el siguiente esquema en el cual realizar cálculos por trigonometría que nos permitan obtener la distancia a desplazar verticalmente el target según cuanto deseemos desplazar la línea de horizonte.



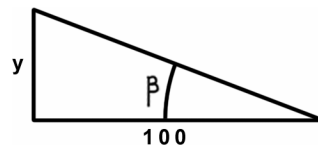
- H** → Línea de horizonte en la *Imagen de fondo*.
P → Arista superior de la *Imagen de fondo*.
M → Altura media de la *Imagen de fondo*.
T → Target, o objetivo de la *Cámara*.
t → Distancia de *Cámara* a target. Podrá ser la que nosotros le queramos dar.
n → Distancia entre la *Cámara* y la *Imagen de fondo*. Es una distancia indeterminada.
 X_r → Mitad de la altura de la *Imagen de fondo* en píxeles.
 X_1 → Distancia en píxeles entre el horizonte de la *Imagen de fondo* y su altura media.

De esa forma, según este esquema podemos obtener de los triángulos CMP y CMH las siguientes expresiones y operar con ellas:

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{tg}(\gamma) &= \frac{X_r}{n} \rightarrow n = \frac{X_r}{\operatorname{tg}(\gamma)} \\ \operatorname{tg}(\beta) &= \frac{X_1}{n} \rightarrow \beta = \operatorname{arctg}\left(\frac{X_1}{n}\right) \end{aligned} \right\} \beta = \operatorname{arctg}\left(\operatorname{tg}(\gamma) \cdot \frac{X_1}{X_r}\right)$$

Dado que tanto X_1 como X_r son medidas en píxeles, dicha unidad desaparecerá y no tendremos problema alguno por tener que usar esas distancias en el *software* 3D.

Como se dijo anteriormente, el target estará a la distancia que nosotros necesitemos, por lo que lo dispondremos a una distancia inicial respecto a la *Cámara* de 100 unidades, para simplificar los cálculos. De esta forma, por trigonometría simple obtendremos:



$$\operatorname{tg}(\beta) = \frac{y}{100} \rightarrow y = 100 \cdot \operatorname{tg}\beta = 100 \cdot \operatorname{tg}\left[\operatorname{arctg}\left(\operatorname{tg}(\gamma) \cdot \frac{X_1}{X_T}\right)\right] = 100 \cdot \operatorname{tg}(\gamma) \cdot \frac{X_1}{X_T}$$

Siendo esta la fórmula de la distancia vertical en que habrá que desplazar el target para obtener el ajuste de cámara correcto.

Una vez realizado esto, ya habremos logrado ajustar la *Cámara* a la perspectiva deseada, teniendo el *Modelo* fugando hacia el centro de la imagen. Tan solo deberemos desplazarlo en el plano horizontal hasta colocarlo en la “posición” deseada dentro de nuestra *Imagen de fondo*.

4.6 Alineación con puntos de fuga no centrales

En el caso de operar con Imágenes de fondo cuyo/s punto/s de fuga no se sitúan en el centro de las mismas, deberemos realizar un paso en el caso de querer que nuestro *Modelo* además fugue hacia ellos. Lo que se deberá buscar es dejar las líneas del *Modelo* que queremos que fuguen hacia el punto de fuga no central paralelas a la línea ficticia que uniría dicho punto en la *Imagen de fondo* con la *Cámara*. Para ello deberemos realizar cálculos similares a los hechos anteriormente, basados en el siguiente esquema de una vista superior del *Entorno 3D*.

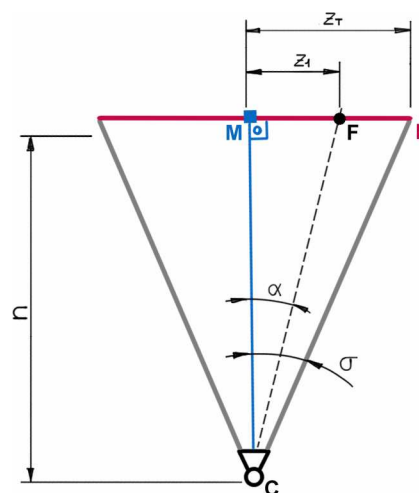
P → Arista derecha de la *Imagen de fondo*.

M → Mitad de la *Imagen de fondo*.

n → Distancia entre la *Cámara* y la *Imagen de fondo*. Es una distancia indeterminada.

Z_T → Mitad de la anchura de la *Imagen de fondo* en píxeles.

Z₁ → Distancia en píxeles entre el punto de fuga no central de la *Imagen de fondo* y su anchura media.



En esta ocasión, se puede tomar la opción tanto de mover el **Modelo** como girar la **Cámara**. Por sencillez de planteamiento se ha escogido rotar el **Modelo**. Así, el ángulo α que habrá que girar el **Modelo** se obtendrá según las expresiones sacadas de los triángulos CMF y CMP respectivamente, operando posteriormente en ellas:

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{tg}(\sigma) &= \frac{Z_T}{n} \rightarrow n = \frac{Z_T}{\operatorname{tg}(\sigma)} \\ \operatorname{tg}(\alpha) &= \frac{Z_1}{n} \rightarrow \alpha = \operatorname{arctg}\left(\frac{Z_1}{n}\right) \end{aligned} \right\} \alpha = \operatorname{arctg}\left(\operatorname{tg}(\sigma) \cdot \frac{Z_1}{Z_T}\right)$$

Una vez realizados los cálculos para obtener α , ya solo deberemos girar el **Modelo** dicho ángulo, haciendo así que fugue hacia el punto que se desea. Posteriormente, solo

tendremos que desplazarlo hasta la “posición” que deseemos acorde a la *Imagen de fondo*.

4.7 Casos específicos y excepciones

A continuación se procede a dar indicaciones que podrán utilizarse a la hora de aplicar este método, solucionando con ellas ciertas excepciones y casos específicos de posible aparición.

4.7.1 Imagen de fondo en posición vertical

En el caso de que se utilice una fotografía de orientación vertical como *Imagen de fondo*, deberemos proceder con ciertos cambios. En primer lugar, en el *Entorno 3D*, deberemos posicionar la *Cámara* girada 90° en el mismo sentido en el que lo esté la *Imagen de fondo*. Así, el tamaño de la imagen a renderizar deberá ser consecuente a este cambio, intercambiando su altura por su anchura. Además, los cálculos para obtener el ángulo vertical de la *Cámara*, así como los de la alineación del *Modelo* con un punto de fuga, deberán ser realizados teniendo en cuenta dichos cambios.

4.7.2 Cámara inclinada

Este método supone una fotografía obtenida en una posición horizontal. Si este no fuera el caso y la cámara se encontrara inclinada lateralmente, esto provocaría que la Línea de Horizonte apareciera inclinada. Por esto, bajo estas circunstancias deberemos siempre obtener al menos dos puntos de fuga (algo siempre recomendable en cualquier caso) para conocer dicha inclinación y así crear un plano inclinado con ese mismo ángulo en el *Entorno 3D* sobre el cual situar nuestro *Modelo*.

4.7.3 Falsos planos de suelo horizontales

Podremos encontrar dificultades añadidas en el análisis de perspectiva con ciertas imágenes de fondo. El análisis presupone que el suelo en la *Imagen de fondo* es, o se acerca enormemente a uno plano y horizontal. Si este no fuera el caso y se dieran rampas o planos inclinados en él, no deberán utilizarse las líneas que pertenezcan a los mismos para obtener la Línea de Horizonte. Adicionalmente, según cual sea el tipo de plano inclinado que forme el suelo, es posible que sea más o menos difícil la recreación del mismo en el *Entorno 3D* para poder situar un *Modelo* apoyado en él.

4.8 Indicaciones sobre iluminación

Un apartado importante es lograr una inclusión realista del *Modelo* en la *Imagen de fondo*, así como conseguir que dicho *Modelo* arroje sombras equivalentes a las que se puedan encontrar en dicha imagen. Sin embargo, el de la iluminación es un ámbito con una amplísima variedad de posibilidades, por lo que tratar de encontrar un sistema genérico y siempre válido resulta de gran dificultad.

Así, trataremos de abordar el problema de la iluminación desde dos puntos de vista diferentes, que nos permitan obtener ciertas indicaciones para lograr una colocación correcta de las luces en el *Entorno 3D* en un abanico de casos lo más grande posible.

4.8.1 Iluminación mediante el sistema Sunlight

El primero de estos acercamientos es el de utilizar una iluminación basada en el sistema *Sunlight* de 3D Studio. Esto tiene el defecto de solo valernos para procesos en los que la iluminación del *Entorno real* proviniese de luz natural, ya sea en un espacio abierto, en una habitación con la luz del sol entrante por sus ventanas o en cualquier otro caso similar. Los datos que precisaremos conocer serán de dos tipos:

- *Fecha y hora*: Se precisará conocer la fecha y hora en que fue tomada la fotografía. Estos datos son fácilmente extraíbles de los *metadatos* del archivo de la misma, siguiendo los mismos pasos tomados para conocer la distancia focal con que fue obtenida.
- *Lugar y orientación*: Será necesario conocerlos para a partir de ellos obtener la longitud y latitud de la localización del *Entorno real*. Dichas latitud y longitud se pueden obtener a través de aplicaciones como Google Maps, u otras similares. El siguiente dato será el de la orientación de la *Cámara* según los puntos cardinales. Así es que deberemos conocer hacia dónde está el Norte en nuestra *Imagen de fondo*. Para ello puede buscarse la misma, de nuevo, a través de aplicaciones como Google Maps, si bien es posible que la precisión de nuestra apreciación sea muy dependiente de los elementos que aparezcan en la fotografía, o si el *Entorno real* era a cielo abierto y por lo tanto visible desde dichas aplicaciones.

Una vez obtenidos estos datos, podremos utilizar el sistema de Sunlight para colocar nuestra iluminación direccional en nuestro *Entorno 3D*.

4.9 Análisis de sombras

Este segundo método resulta más genérico, permitiendo obtener indicaciones que nos sirvan de ayuda para la colocación de las luces incluso en *Entornos Reales* de iluminación artificial, e incluso puede utilizarse como apoyo al uso del sistema Sunlight. La indicación en cuestión se trata del ángulo sobre el plano del suelo que forman las sombras de la imagen con respecto a la proyección sobre el suelo de una recta perpendicular a la fotografía.

Sin embargo, este proceso tiene la desventaja de que por sí solo no ofrece una solución única, si no que tan sólo despeja sobre qué recta horizontal debería estar la fuente de luz, pero no a qué altura habría que ubicarla, y por lo tanto tampoco el ángulo real con el que incida sobre el *Modelo*, si no solo el horizontal (o más específicamente

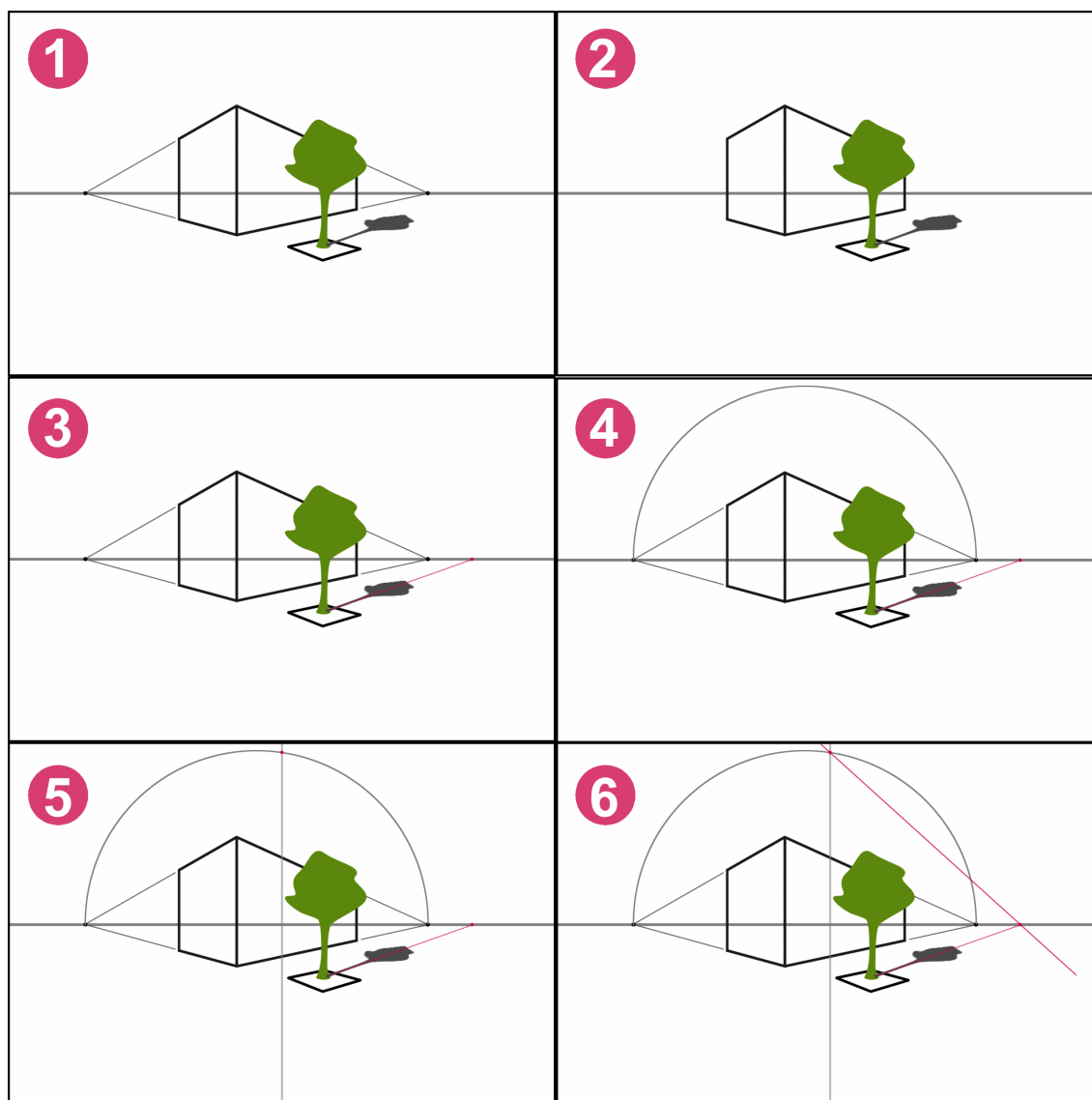
el de su proyección horizontal). Otra desventaja adicional es que no siempre resultará aplicable, puesto que dependemos de la perspectiva en concreto de la *Imagen de fondo*, o de qué tipo de asunciones podamos realizar respecto a las geometrías visibles en la misma.

La *Imagen de fondo* a utilizar deberá tener al menos doble punto de fuga, siendo más sencillo el análisis si se trata de una perspectiva vertical con solo dos de dichos puntos, esto es que la Línea de Horizonte se halla en el centro de la fotografía y las líneas verticales no fugan si no que son paralelas entre sí. Así, procedemos a explicar el análisis según estos dos casos:

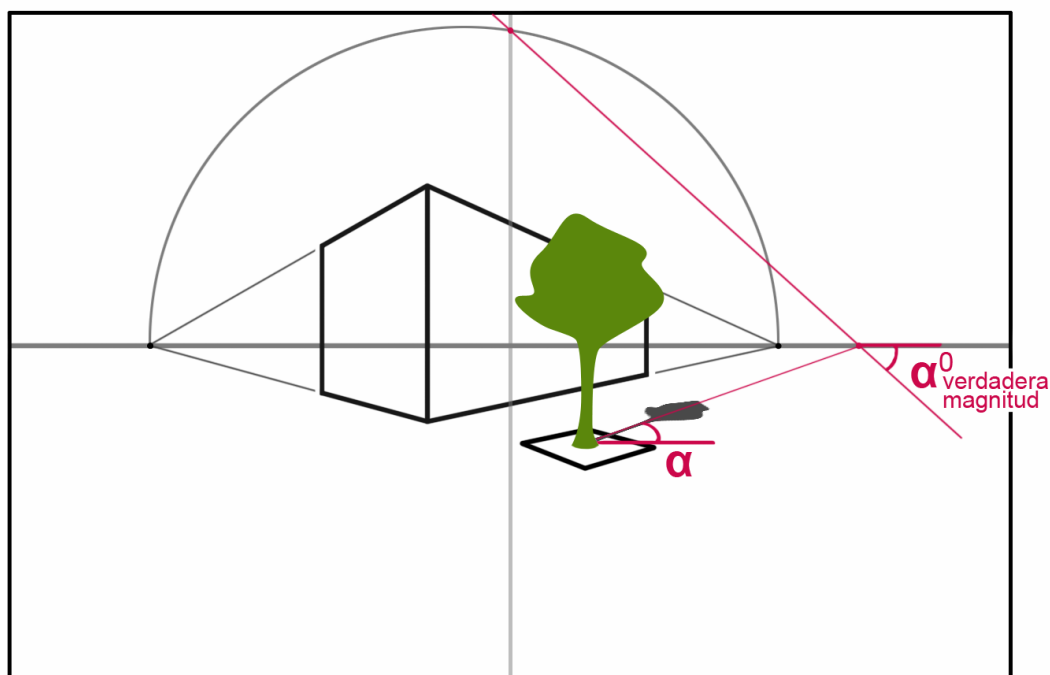
4.9.1 Perspectiva vertical

Este caso resulta sencillo en su análisis, al poder considerar que el punto de vista con el que se obtuvo la fotografía estará en una recta vertical que pase por el centro de la misma, así como el punto hacia el que fuguen las sombras de la fotografía. Una vez obtenido esto, deberemos hallar los puntos de fuga de una pareja de líneas, horizontales en el *Entorno real*, que se encuentren a 90° entre ellas. Tras obtener sus dos puntos de fuga no tendremos más que trazar un arco capaz que los una, y donde este arco se corte con la recta vertical del centro de la imagen, tendremos un punto tal que al unirlo con el punto de fuga de las sombras obtendremos el ángulo buscado en verdadera magnitud.

Dicho ángulo será el que forman las sombras proyectadas sobre el suelo con respecto a la dirección en la que apunta la *Cámara*.



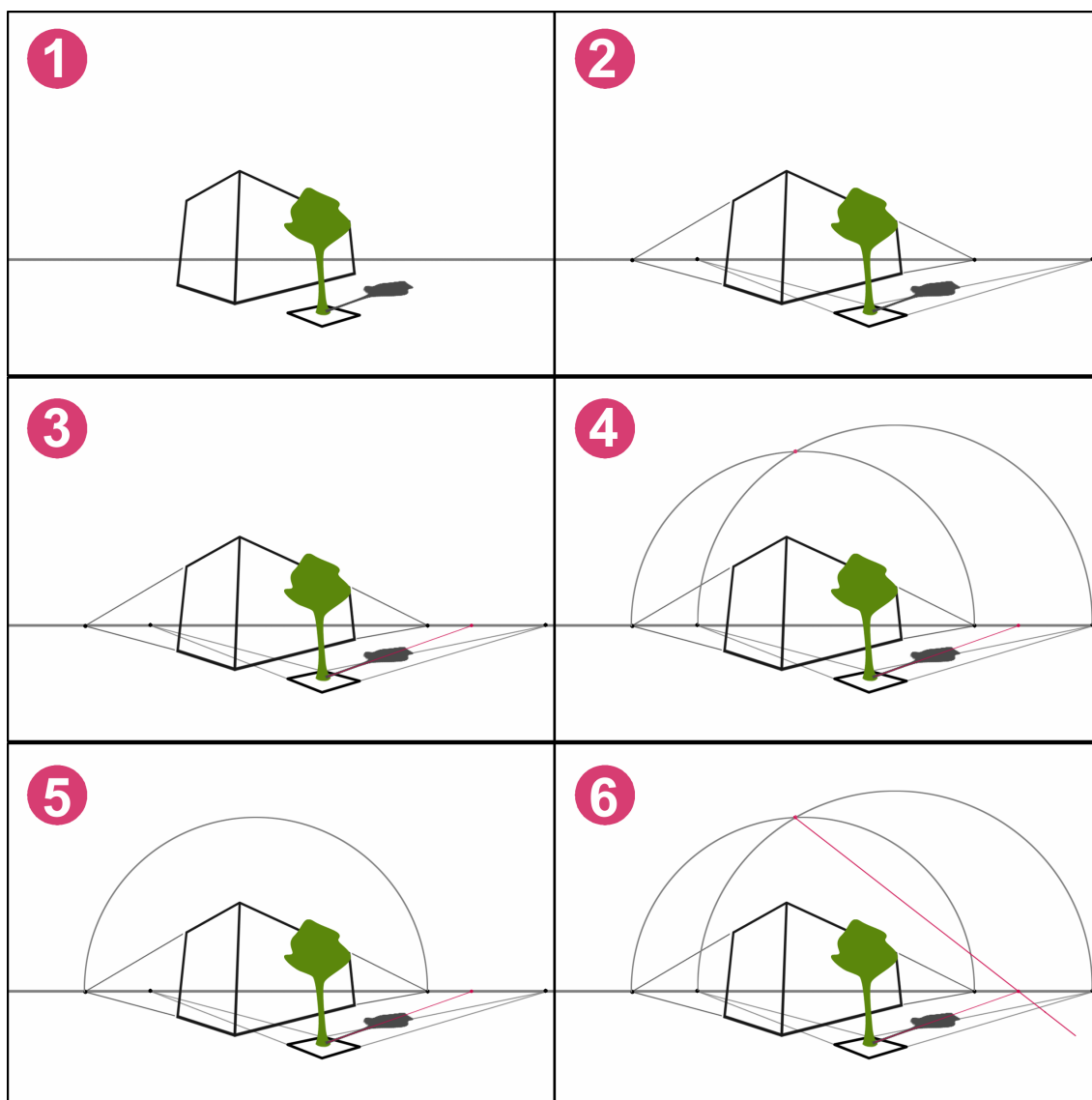
Todo este proceso también podría realizarse en el caso de que el ángulo a utilizar, formado por una pareja de líneas de la *Imagen de fondo*, no fuera de 90° . Sin embargo, debería conocerse igualmente de antemano la apertura real en verdadera magnitud de dicho ángulo. Obviamente estas circunstancias son raras en extremo, pues aunque para el caso general resulta factible poder estimar un ángulo como de 90° , tener conocimiento de la apertura de algún otro tipo de ángulo tan solo con la información aportada por la fotografía resulta una situación muy poco común. Por esta razón no se tratará de buscar una solución específica para este tipo de casos tan en exceso concretos, tratando de mantenernos en el ámbito lo más general que el proceso nos permita.



4.9.2 Perspectiva no vertical

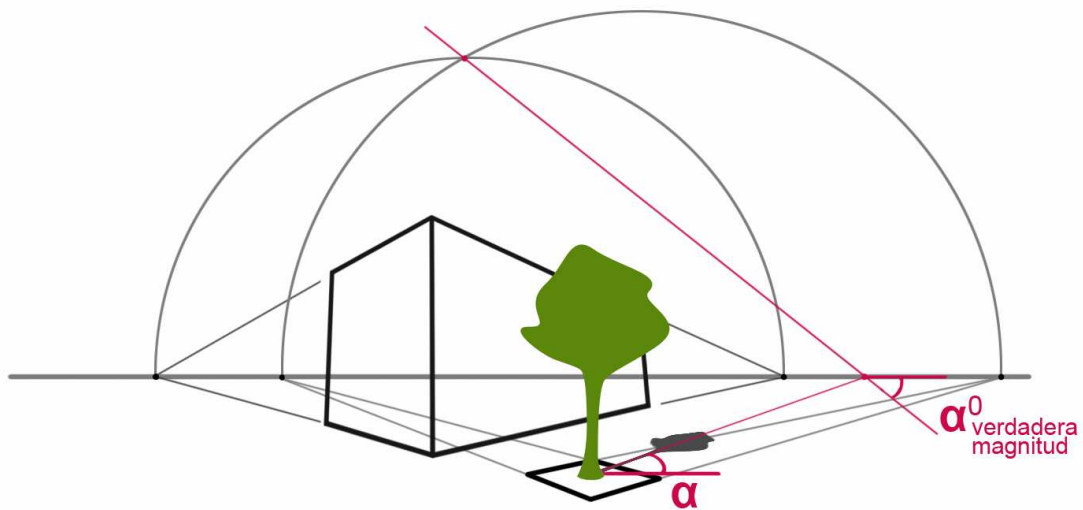
Este tipo de perspectiva nos la encontraremos en todo caso en el que la cámara no esté situada completamente paralela al suelo horizontal y por lo tanto la Línea de Horizonte no se encuentre en el centro de la fotografía. El proceso se complicará dado que pasaremos de tener una perspectiva cónica de dos puntos de fuga a una de tres puntos de fuga, lo cual nos hace necesitar de alguna información adicional a la poseída en el caso anterior, que nos permita despejar las incógnitas añadidas.

Para poder obtener el ángulo de las sombras proyectadas, deberemos encontrar en la imagen un mínimo de dos parejas de líneas, horizontales en el *Entorno real*, que formen 90° entre ellas y que no sean paralelas entre sí. De este modo podremos obtener un total de dos parejas de puntos de fuga que uniremos respectivamente mediante dos arcos capaces. En este caso, será el punto en el cual que se corten los dos arcos capaces el que tengamos que unir con el punto de fuga de las sombras para obtener el ángulo de estas en verdadera magnitud.



De esta forma, podemos obtener el ángulo horizontal, o de la proyección horizontal, que nos ayude a posicionar las luces dentro de nuestro *Entorno 3D*.

En el caso de que estemos utilizando un sistema Sunlight para la colocación de las iluminaciones, este ángulo obtenido nos ayudará en su posicionamiento final. El dato de más difícil obtención para la correcta utilización de este sistema es el de la dirección en la que se sitúa el Norte en el *Entorno Rea*. Además este también resulta ser el impone un mayor error relativo a la hora de posicionar dicha dirección en el *Entorno 3D*, puesto que se precisa de referencias que en muchas ocasiones son de poca exactitud, y que nos obligan a averiguar el ángulo del Norte con respecto a la dirección en que apunta la *Cámara* mediante estimaciones de poca certeza.

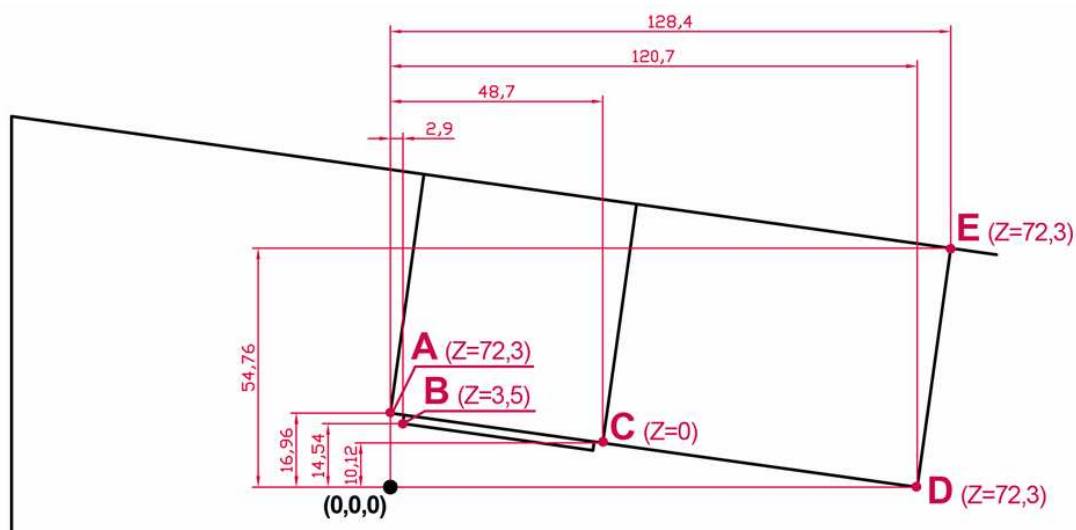


Es así como podemos observar que el ángulo de la proyección horizontal de las sombras nos es de gran ayuda a la hora de posicionar un sistema Sunlight. Esto es por que en vez de disponer la dirección del Norte, tan solo deberemos girar dicho sistema hasta que la fuente de luz del mismo quede directamente encima de la línea horizontal de la proyección de las sombras.

5 GUÍA EJEMPLIFICADA DE LA UTILIDAD DE CAMERA MATCH DE 3D STUDIO

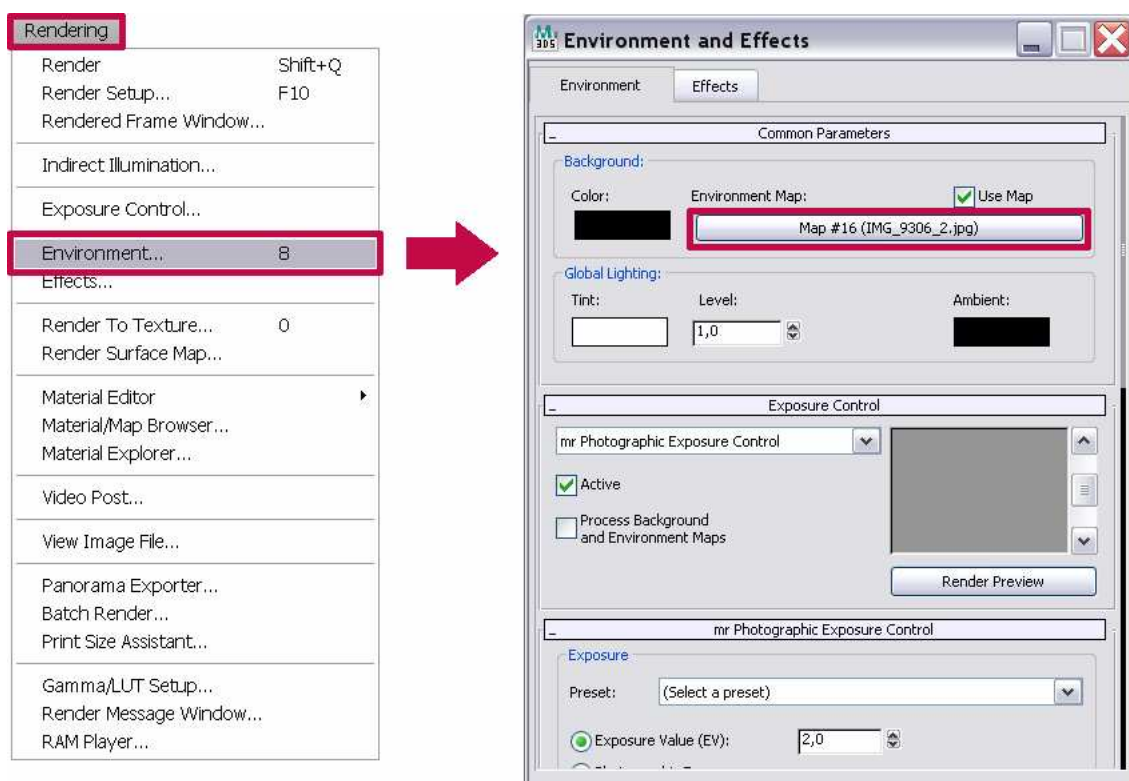
En 3D Studio ha habido desde hace un tiempo una utilidad o aplicación que permite obtener un resultado de bastante calidad para el problema del ajuste de cámara. A continuación procederemos a detallar el método en cuestión y cómo se lleva a cabo en la siguiente imagen y sus puntos:



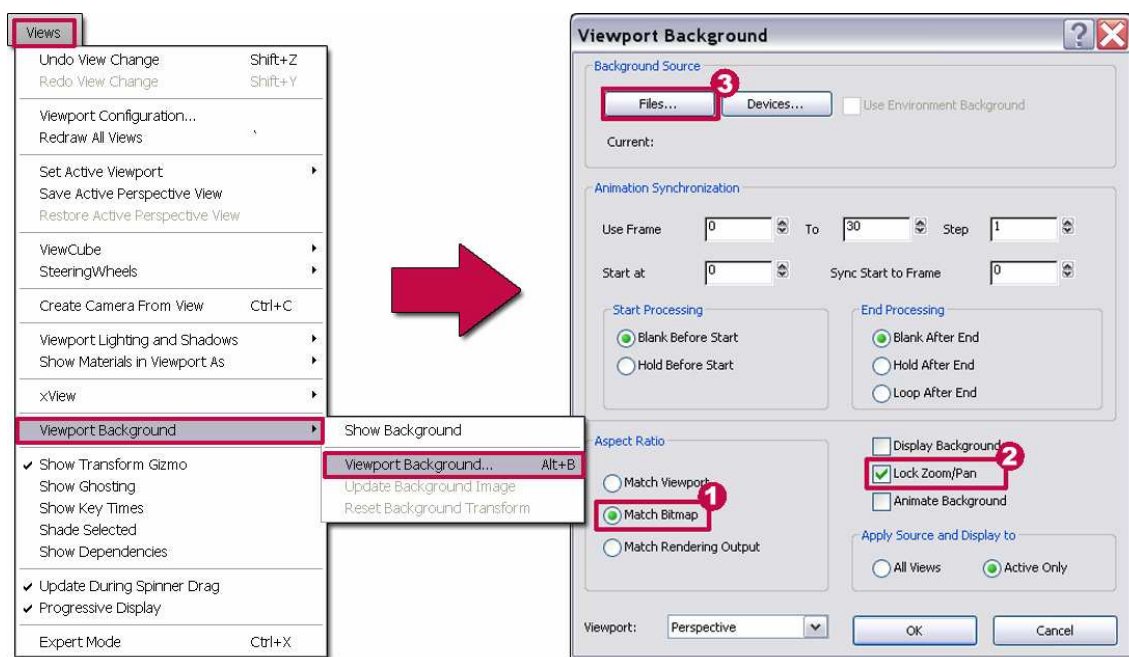




5.1 Utilidad de Camera Match en 3D Studio

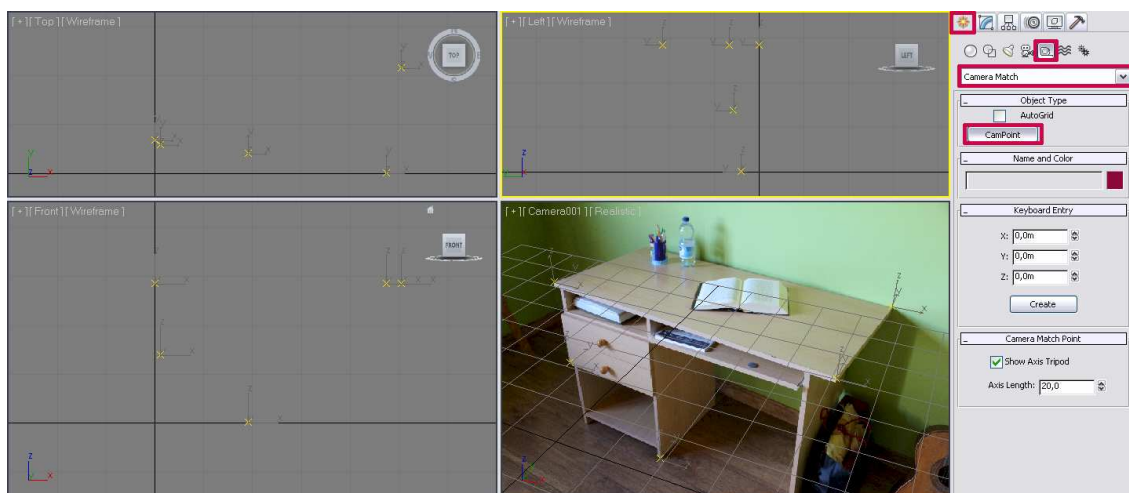
Una vez tengamos abierto el programa de 3D Studio, en primer lugar se deberá cargar la *Imagen de fondo* como mapa de bits para el fondo del renderizado. Para ello acudimos a “Rendering/Enviroment...”. Se nos abrirá una ventana llamada Enviroment and Effects, en la cual deberemos buscar la pestaña Enviroment. Dentro de ella, en el apartado “Common Parameters” encontraremos el sub-apartado de Background, y en él el botón “Enviroment Map”. Haciendo clic en él se nos abrirá la ventana de “Material/Map Browser”, dentro de la cual deberemos escoger el mapa Bitmap, y buscar en nuestro sistema la *Imagen de fondo* con la que pretendamos realizar el *Camera Match*.




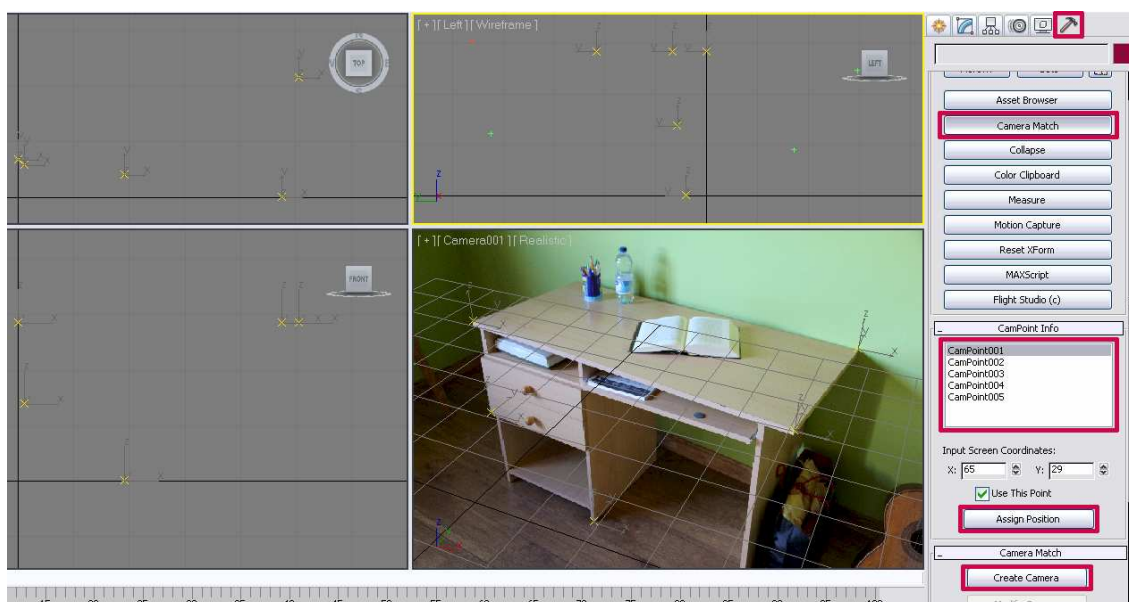
El siguiente paso será cargar de nuevo la **Imagen de fondo**, esta vez en el fondo de la vista activa de nuestro **Entorno 3D**. Para ello acudimos a “View/Viewport Background/ Viewport Background”, o presionamos [Alt+B], abriendo así la ventana Viewport Background. En el apartado Background Source deberemos hacer clic en el botón “Files...”, cargando de nuevo como Bitmap la **Imagen de fondo** en cuestión.



A continuación, deberemos identificar en la *Imagen de fondo* al menos cinco rasgos que serán utilizados para el ajuste. Estos mismos deberán ser objetos o esquinas de objetos en la escena que sean fácilmente identificables y observables, siendo siempre visibles en la escena y no cambiando excesivamente su forma. A partir de estos puntos crearemos *Camera Points*. Para ello deberemos acudir al panel “*Create*  */Helpers*  */Camera Match/Object Type Rollout/Cam Point*”, o al menú “*Create/Helpers/Camera Point*”. Se deben tener medidas precisas de las distancias entre al menos cinco puntos o rasgos de la *Imagen de fondo*, los cuales no pueden estar todos sobre un mismo plano. Para que los resultados sean lo más correctos posible será mejor que los puntos estén distribuidos por toda la escena, más que tomar rasgos concentrados en el frente, el fondo u otra zona concreta de la misma.



Posteriormente a esto, tendremos que posicionar en nuestro *Entorno 3D* los *Camera Points* creados, y hacerlo de forma que se correspondan con los puntos de la *Imagen de fondo*. Una vez realizado el posicionamiento podremos ya utilizar la utilidad de *Camera Match* para asignar cada *Camera Point* a localizaciones de píxeles concretos en el *bitmap* o *Imagen de fondo* utilizada. Esta utilidad se encuentra en el panel “*Utilities* /*Camera Match*”, y deberemos tener especial cuidado a la hora de asignar cada *Camera Point* a su localización correcta sin confundirnos entre ellos.



Posteriormente, deberemos elegir *Create Camera* en la utilidad. Si hemos realizado correctamente el posicionamiento de los puntos y su correspondencia con la *Imagen de fondo*, la *Cámara* debería ser creada correctamente.

Una vez obtenido el posicionamiento de la *Cámara* mediante esta utilidad, podremos proceder a la inclusión de un *Modelo* 3D en la Escena de forma integrada con una perspectiva adecuada:



6 GUÍA EJEMPLIFICADA DEL PROCESO DE CAMERA MATCH EN UN EXTERIOR

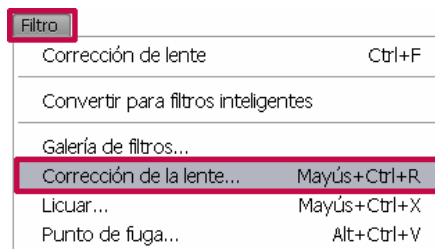
En la siguiente guía se da solución al ajuste de cámara para el renderizado de un objeto 3D sobre una fotografía, de forma que la perspectiva del primero quede acorde a la misma. Para ello se hará uso de *software* como son los programas Adobe Photoshop CS5 y Autodesk 3ds Max Design 2012.

En primer lugar deberemos asegurarnos de poseer los datos de partida necesarios para realizar nuestro proceso de *Camera Match*. Estos elementos no serán más que una fotografía o *Imagen de fondo* y un objeto o *Modelo* modelado en 3D Studio. En esta guía utilizaremos la siguiente fotografía.



6.1 Corrección de lente de la Imagen de fondo

Con respecto a la extracción de datos de nuestra fotografía de partida, el primer paso a dar será identificar la cámara fotográfica y lente con las que se obtuvo, siendo especialmente interesante la distancia focal de la misma. Para ello procederemos a abrir la imagen en Photoshop. Una vez tengamos nuestra imagen abierta con dicho *software*, acudiremos a la herramienta: *Filtro/Corrección de lente...* [Mayús+Ctrl.+R], la cual abre una ventana con diferentes opciones.



Al partir del supuesto desconocimiento total de datos sobre la cámara que tomó la fotografía, el sistema más rápido es pedir al programa que lo busque automáticamente haciendo clic en el botón "Buscar en línea". Este es un método rápido que suele aportar buenas y directas soluciones, devolviendo en nuestro caso como modelo la *CANON EOS 7D EF-S18-135mm f/3.5-5.6 IS (raw)*.

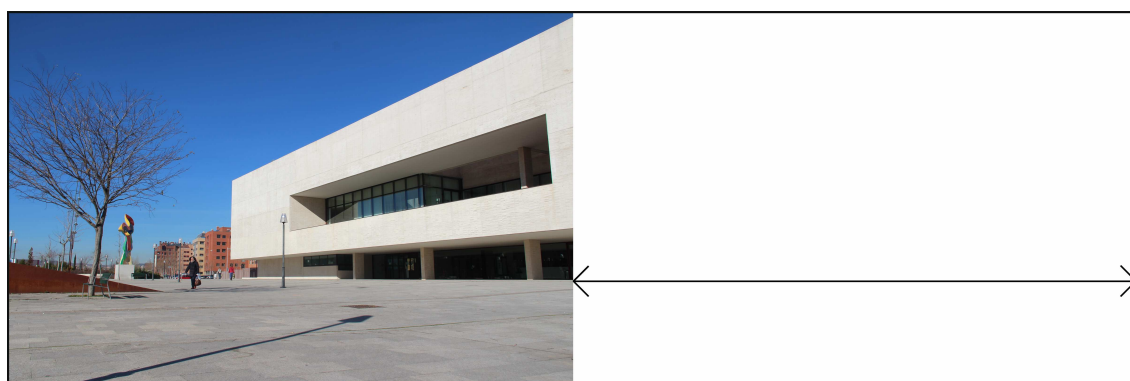
Una vez obtenida la solución podremos previsualizar la modificación que el programa hará a nuestra imagen para eliminar la distorsión provocada por la lente, tal y como se ve en las siguientes imágenes.

El siguiente paso será buscar en los *metadatos* de la fotografía original la distancia focal concreta a la que fue obtenida, así como el modelo de cámara para a partir de él encontrar el *Crop Factor*. Para ello podremos buscarlos en las propiedades del propio archivo JPEG de la fotografía. En este caso concreto observamos que la distancia focal utilizada fue de 18mm y la cámara una *CANON EOS 500D*. Si acudimos a la página del fabricante, podremos observar que el *Crop Factor* para este modelo resulta ser un valor de 1.6, por lo que: $18\text{mm} \cdot 1.6 = 28,8\text{mm}$. será el tamaño de la lente que deberemos seleccionar posteriormente.



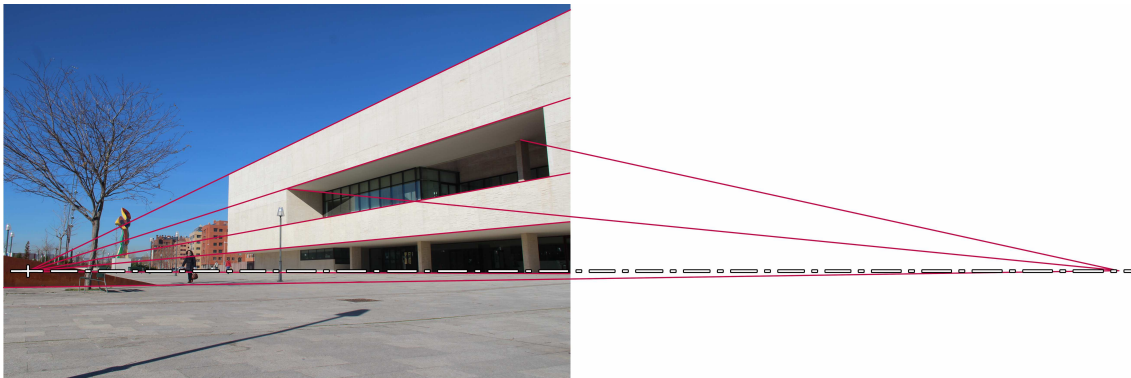
6.2 Análisis de la perspectiva de la Imagen de fondo


A continuación comenzaremos a analizar la perspectiva. Para ello el primer paso será aumentar el lienzo de la imagen dado que uno de los puntos de fuga, más concretamente el derecho, parece encontrarse fuera de la imagen original.



Posteriormente y sobre una nueva capa, haremos uso de la herramienta pluma e iremos realizando trazados sobre las líneas de fuga de mayor tamaño que encontremos en la imagen. En este paso es de especial importancia fijarse en que mejor será la solución que obtengamos cuanto más largas sean estas líneas. Así mismo, también mejorará cuanto mayor sea el ángulo que estas formen entre sí. Debemos fijarnos también en que en el *Entorno real* estas líneas deberán ser paralelas al suelo, o de otra forma obtendremos puntos de fuga falseados y que no demarcarán el horizonte real. Una vez que los trazados sean óptimos y con la herramienta pluma todavía seleccionada, procederemos a hacer clic con el botón derecho sobre la imagen, seleccionando “Contornear trazado”. De esta forma tendremos marcadas ya en una capa diferente las

líneas de fuga y lo más importante, sus intersecciones, que serán los puntos de fuga de nuestra imagen. Uniéndolos, obtendremos la línea de horizonte de nuestra *Imagen de fondo*, siendo esta normalmente una recta horizontal.



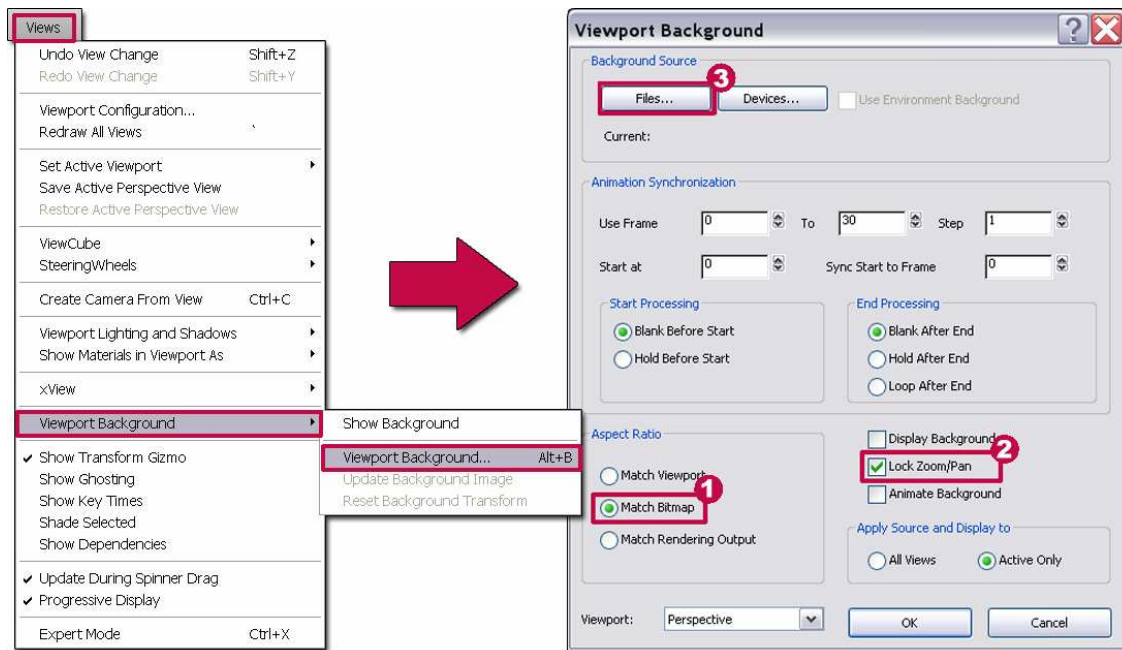
A continuación procederemos a tomar ciertas medidas de la imagen haciendo uso de la herramienta Medición  :

- Altura total de la imagen: 3456 Píxeles.
- Anchura total de la imagen: 5184 Píxeles.
- Distancia vertical desde el centro de la fotografía hasta la línea de horizonte: 709 Píxeles.
- Distancia horizontal desde el centro de la fotografía hasta el punto de fuga de interés (izquierdo en este caso): 2365 Píxeles.

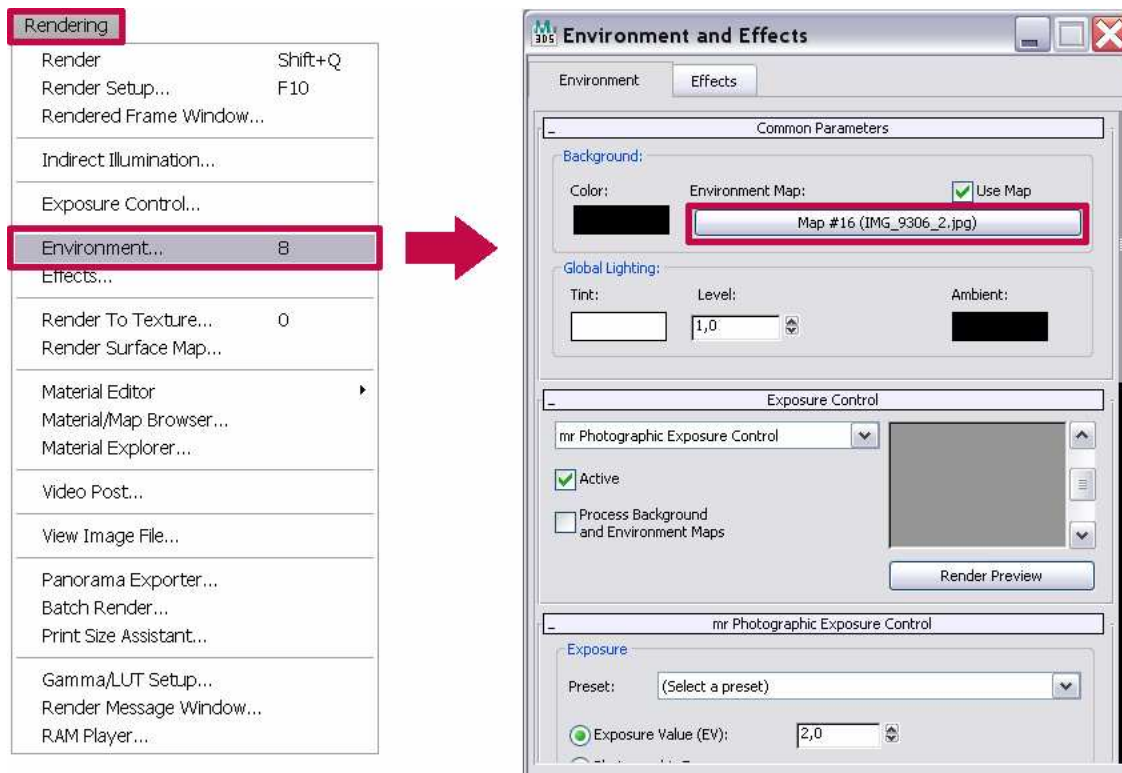
6.3 Ajustes previos en el software 3D

Procederemos a abrir el archivo de nuestro *Modelo*. Si en el mismo no teníamos previamente designado el sistema de unidades, ahora será el momento de hacerlo, yendo a “Customize/Units Setup...”.

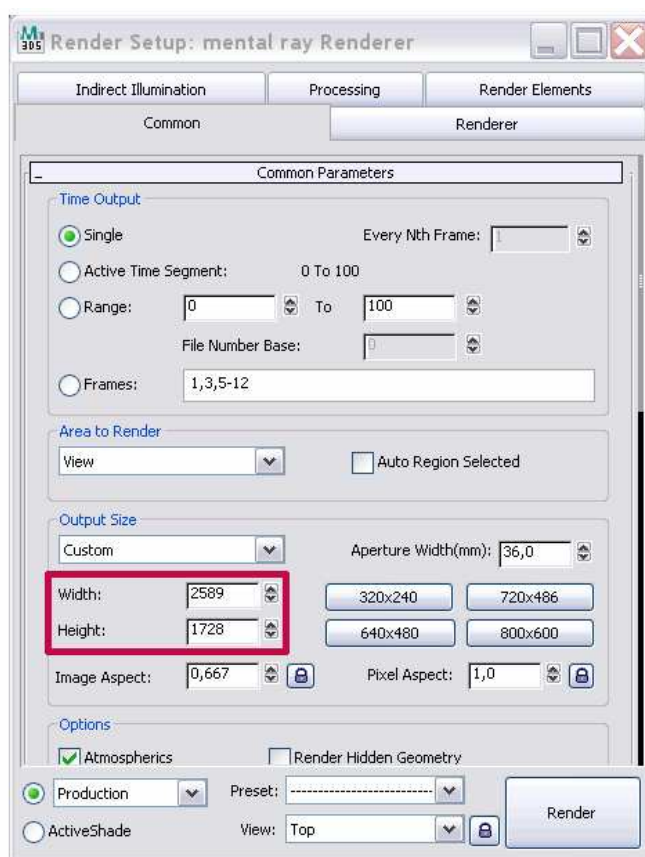
A continuación procederemos a incluir la *Imagen de fondo*. Para ello acudimos a “Views/Viewport Background/Viewport Background...” o presionamos [Ctrl.+B]. En la ventana emergente os aseguraremos de activar la casilla *Match Bitmap* dentro del apartado *Aspect ratio* y la de *Lock Zoom/Pan*. Posteriormente seleccionaremos nuestra imagen original haciendo clic en el botón “Files...”.



Seguidamente acudiremos a “Rendering/Enviroment...” o presionaremos [8]. En la ventana que se nos mostrará deberemos ir a la pestaña Enviroment, dentro de la cual encontraremos la sección Common Parameters y dentro de la cual se hallará el apartado Background. Haciendo clic en el botón correspondiente se nos abrirá una nueva ventana para seleccionar el tipo de mapa que queremos, donde deberemos buscar el mapa de Bitmap, dentro de los Standard; para seguido seleccionar nuestra *Imagen de fondo*.



Después acudiremos a “Rendering/Render Setup...” o presionaremos [F10], y dentro de la pestaña Common, en el apartado Output Size deberemos introducir las dimensiones originales de nuestra *Imagen de fondo*, o en el caso e que sean excesivamente grandes, introducir unas proporcionales. En este caso serán la mitad de las originales: 2592 x 1728 Píxeles. De esta forma podremos afirmar que la imagen que obtengamos tras el renderizado será fiel a la original en su proporción.



6.4 Ajuste vertical de la cámara

Para obtener el ajuste vertical de la *Cámara*, en primer lugar deberemos hallar una aproximación de la altura a la que fue obtenida la fotografía. Para ello acudimos al análisis de la perspectiva y observamos por dónde transcurre la línea de horizonte. Debemos fijarnos en elementos que nos sirvan de referencia, como el asiento de la izquierda, la farola, las verjas y sobre todo, las personas del fondo en el centro de la

fotografía. Así podríamos estimar que la cámara fue sostenida, probablemente, por un fotógrafo agachado o un caballete en posición bastante baja. Por esta razón aproximaremos la altura de cámara a unos 0,70 metros.



El siguiente paso será crear la *Cámara* y disponerla correctamente. Para ello introducimos una *Cámara* de tipo target. Gracias al análisis que realizó Photoshop de la fotografía sabemos que deberá tener una lente de 28,8mm. A partir de ello obtenemos los siguientes datos para su uso posterior:

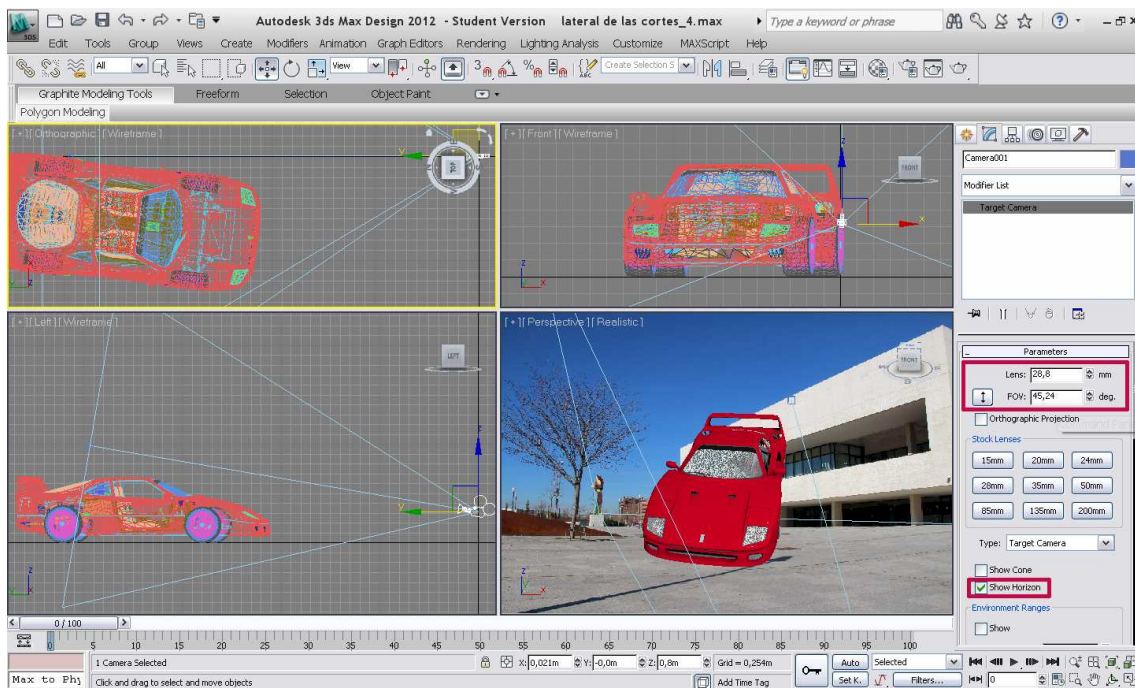
Amplitud vertical de la lente: 45,24°

Amplitud horizontal de la lente: 64,011°

Ya obtenidos los datos anteriores, procederemos a colocar la *Cámara* a dicha altura de 0,70 metros en el *Entorno 3D*, disponiendo de momento el target a esa misma altura y a una distancia de la *Cámara* que nos sea cómoda a la hora de realizar posteriores cálculos. Para ello en nuestro caso designamos esta distancia como una que nos simplifique posteriores cálculos, siendo así de 10 metros. También activaremos la casilla “Show Horizon” para asegurarnos de estar realizando bien el proceso.

CAMERA MATCH E INTEGRACIÓN DE OBJETOS 3D EN FOTOGRAFÍA

David Tejero González
Universidad de Valladolid



Para obtener la distancia final en que deberemos desplazar verticalmente el target utilizamos la siguiente fórmula:

$$y = t \cdot \operatorname{tg}(\gamma) \cdot \frac{X_1}{X_T}$$

Siendo:

y la altura buscada que deberemos elevar el target.

t la distancia del target a la

Cámara: 10 m.

γ la mitad de la amplitud vertical

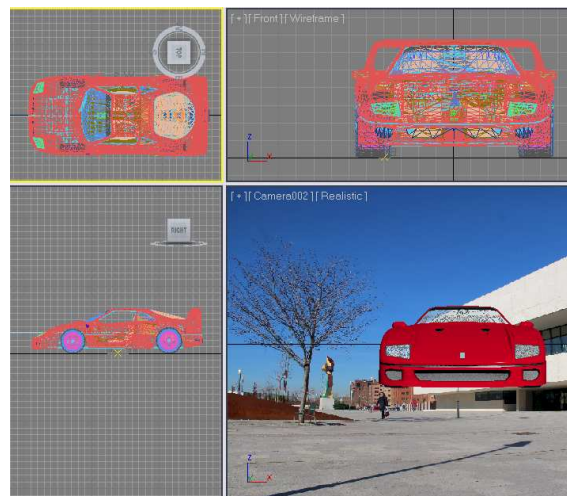
de la lente: $45,24^\circ/2 = 22,62^\circ$

X_1 la distancia desde el centro de la imagen hasta la línea de horizonte: 709 px.

X_T La mitad de la altura total de la imagen: $3456 \text{ PX} / 2 = 1728 \text{ px}$.

Por lo que obtenemos:

$$y = 10m \cdot \operatorname{tg}(22,62^\circ) \cdot \frac{709 \text{ px}}{1728 \text{ px}} = 1,7095 \text{ m. será la distancia a elevar el target.}$$



Una vez realizado esto, ya tendremos la *Cámara* orientada de forma que la línea de horizonte de la misma concuerde con la de la *Imagen de fondo*.



6.5 Ajuste de las líneas de fuga del Modelo

En ciertas ocasiones, se buscará que el *Modelo* o algunas de sus líneas fuguen hacia uno de los puntos de fuga de la *Imagen de fondo*. Para ello se realizarán unos cálculos similares a los anteriores, los cuales nos devolverán los grados que habrá que girar dicho objeto para que fugue tal y como buscamos. En nuestro caso buscaremos que nuestro coche resulte paralelo al edificio de la derecha, y por lo tanto que fugue hacia el punto de fuga de la izquierda de la imagen.

Utilizamos la siguiente fórmula: $\alpha = \arctg\left(tg(\sigma) \cdot \frac{Z_1}{Z_T}\right)$

Siendo:

α el ángulo a girar el *Modelo*.

σ la mitad de la amplitud horizontal de la lente: $64,011^\circ/2 = 32,0055^\circ$

Z_1 la distancia desde el centro de la imagen hasta el punto de fuga: 2365px.

Z_T la mitad de la anchura total de la imagen: $5182 \text{ Px} / 2 = 2592\text{px}$.

Por lo que obtenemos:


$$\alpha = \arctg\left(\operatorname{tg}(32,0055^\circ) \cdot \frac{2365\text{px}}{2592\text{px}}\right) = 29,6947^\circ \text{ serán los grados a girar el } \mathbf{Modelo}.$$

Como se puede observar en la siguiente imagen, el **Modelo** queda totalmente integrado con la perspectiva de la **Imagen de fondo**, y fugando hacia el punto deseado:



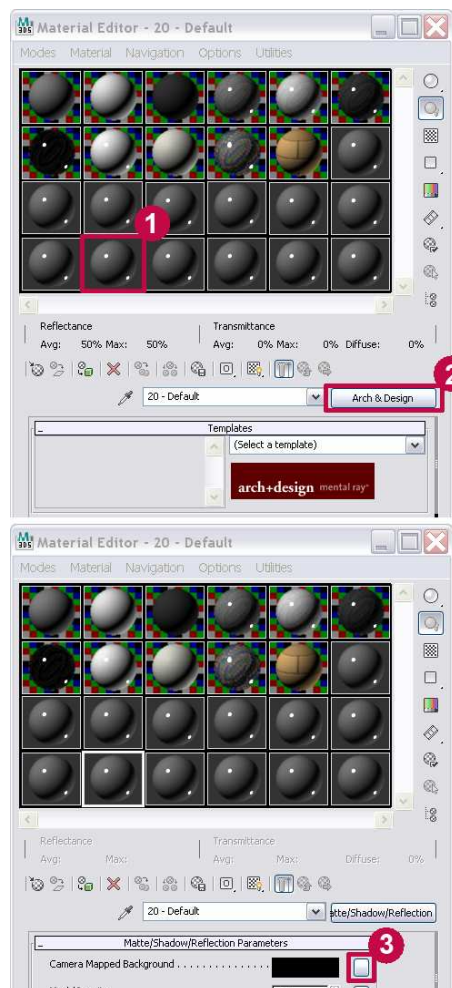
6.6 Aplicación del material Matte/Shadow

Para obtener una integración final entre el **Modelo** y la imagen, deberemos incluir una fuente de iluminación en el **Entorno 3D** cuyas sombras proyectadas sean acordes a las que se dieran en el **Entorno Real**. Para ello haremos uso de la técnica del material Matte/Shadow.

En primer lugar deberemos crear un plano del suelo debajo de nuestro *Modelo*. Para ello acudiremos a la pestaña “Create  /Geometry/Standard Primitives” y seleccionaremos el botón “Plane”. Este plano deberá suficientemente amplio para abarcar toda la sombra que será proyectada, por lo que cuanto mayor lo hagamos mejor. Obviamente si queremos que la sombra fuera proyectada sobre algún otro tipo de superficie diferente, como una pared o similar, deberemos crear esta y colocarla adecuadamente utilizando si es necesario el método ya mencionado de ajuste de líneas de fuga.

El siguiente paso será lograr que nuestro plano sea transparente y solamente sirva para que sobre él se proyecte una sombra que sea la que aparezca en el renderizado. Esto lo realizaremos aplicando un material especial al elemento en cuestión, acudiendo a “Rendering/Material Editor/Compact Material Editor...”. En la ventana que se abra, deberemos seleccionar uno de los espacios de muestra no utilizados en la escena (1) y a continuación escoger en él un nuevo material en el Material/Map Browser (2). El material en cuestión será el “Matte/Shadow/Reflection”, dentro de la pestaña Mental Ray.

En este nuevo material creado, deberemos añadir la *Imagen de fondo* al Camera Mapped Background (3). Deberemos tener cuidado por que para que esto sea correctamente realizado el Mapa de Bits debe ser el mismo utilizado en la escena, que en su momento añadimos al Environment, y no nos bastará con acudir a los materiales estándar, seleccionar un bitmap y buscar la *Imagen de fondo* de entre nuestro sistema. Deberemos utilizar específicamente el bitmap ya usado en la escena, por lo que podremos hacerlo de dos formas:



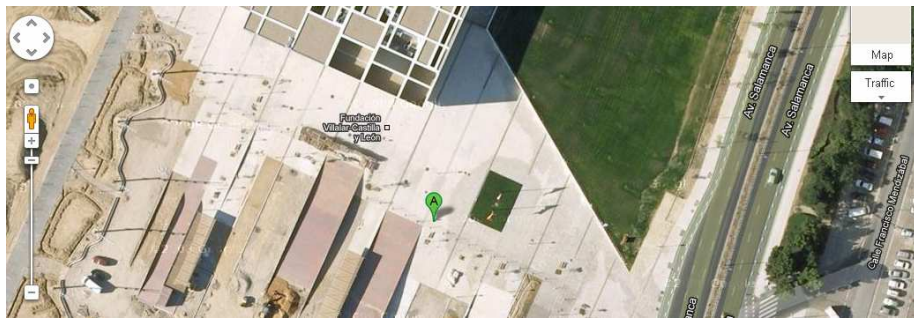
- Abrir el “Material/Map Browser” correspondiente al Camera Mapped Background (3) y en él buscar la pestaña Scene Materials, seleccionando la misma **Imagen de fondo** utilizada en el Enviroment. Nos preguntará si utilizarlo como Copy o Instance, seleccionando esta última.
- Sin cerrar el Compact Material Editor, abrir la ventana de Enviroment ya utilizada anteriormente en el proceso. Hacer clic sin soltar en el botón correspondiente al Enviroment Map, y arrastrarlo sobre el que corresponde a Camera_Mapped Background (3). Nos preguntará si utilizarlo como Copy o Instance, seleccionando esta última.



Finalmente, solo nos quedará aplicar este material a todos aquellos elementos sobre los que se irán a proyectar las sombras.

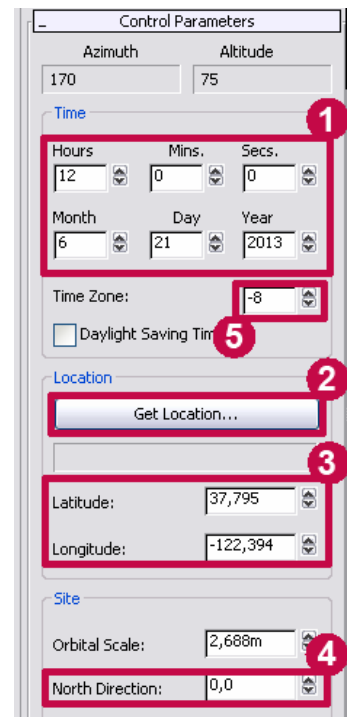
6.7 Iluminación y Sombras

Al tratarse de una fotografía en un exterior y con luz natural, la iluminación la realizaremos mediante el sistema Sunlight. Para ello necesitaremos obtener varios datos:

- Fecha y hora de la obtención de la fotografía. Esto se obtendrá fácilmente de los *metadatos* de la fotografía, como ya se ha realizado anteriormente para obtener la distancia focal con la que se obtuvo la misma. En este caso concreto obtenemos que la fotografía fue realizada el 4 de Enero de 2013 a las 13:55h.
- Coordenadas de latitud y longitud aproximadas del **Entorno real**, así como la dirección aproximada del norte en el mismo. Nos podremos ayudar de Google Maps u otra aplicación similar, para conociendo el lugar donde se obtuvo la fotografía, obtener sus coordenadas. De esta forma obtenemos las coordenadas: 41.642748, -4.745016, y que la **Cámara** en el **Entorno real** apunta hacia el Noreste,



Una vez obtenido esto, pasamos a posicionar el sistema sunlight. Para crearlo acudimos a Create /Systems /Standard/Sunlight. A continuación procedemos a utilizar los datos, introduciendo la hora y fecha de la foto en (1), y la latitud y longitud respectivamente en (2). Haciendo clic en Get Location (3) tendremos la posibilidad de seleccionar la localización entre una lista, o bien utilizarlo para confirmar que hemos introducido correctamente las coordenadas. También deberemos confirmar que la zona horaria (5) correspondiente a la hora de la fotografía es la correcta.

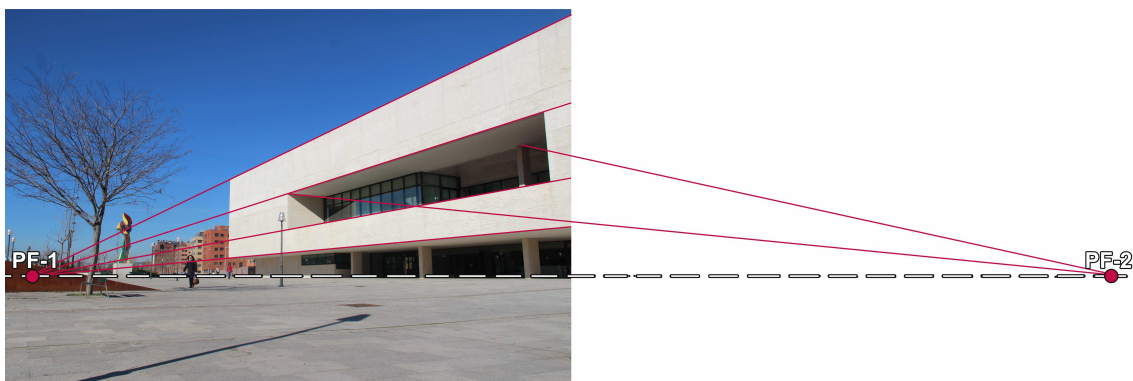


Finalmente, tendremos que introducir la dirección del Norte, que al tener que apuntar la **Cámara** hacia el Noreste, el valor deberá ser de unos 45°. En cualquier caso, este último parámetro normalmente podrá obtenerse solo de forma aproximada, y deberá comprobarse que se ha utilizado un valor correcto, pudiendo realizar aproximaciones que mejoren la precisión mediante el método de prueba y error.

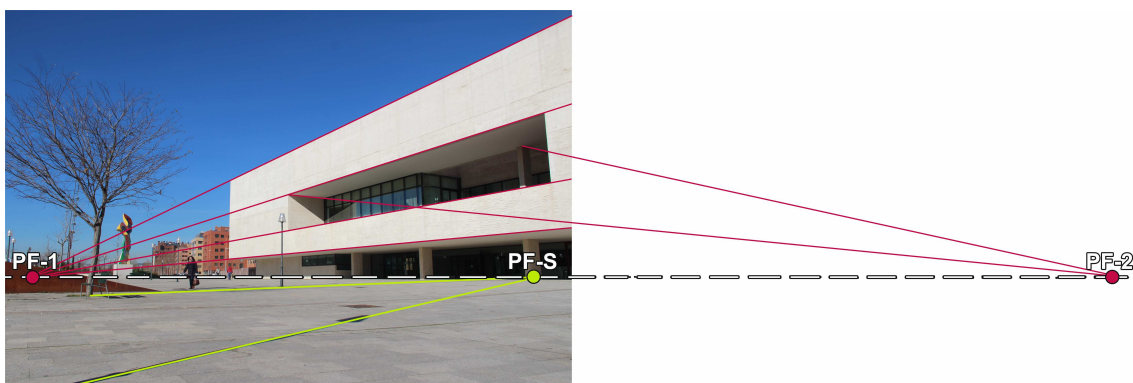
6.7.1 Análisis de la perspectiva de las sombras

Adicionalmente, podemos analizar la perspectiva de las sombras de la imagen para hallar el ángulo que estas tienen con la **Cámara** para así obtener aquel con el cual deberemos girar el sistema de Sunlight. Para ello acudimos a la **Imagen de fondo** con la corrección de lente realizada y la línea de horizonte hallada, en la cual ya teníamos

hallados los puntos de fuga PF-1 y PF-2. Consideraremos que las líneas que producen estos dos puntos de fuga se hallan en planos perpendiculares entre sí:



A continuación, el primer paso será encontrar el punto de fuga hacia el que apuntan las sombras de la fotografía (PF-S):



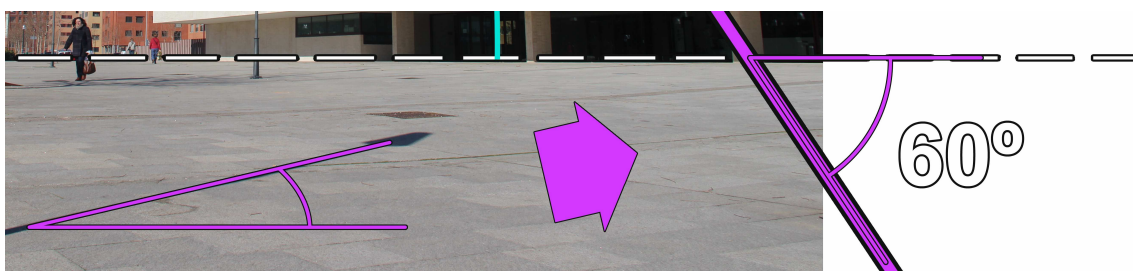
Para poder continuar, deberemos encontrar otro dato más. Para ellos analizamos la imagen en busca de otra pareja de planos o líneas que sean perpendiculares entre sí y que produzcan puntos de fuga diferentes a PF-1 y PF-2. Encontramos una tapa de alcantarilla en la zona central que podremos suponer aproximadamente cuadrada, de la cual extraemos los puntos de fuga de sus diagonales: PF-3 y PF-4:



A continuación trazamos dos arcos capaces correspondientes a PF-1 y PF-2 y a PF-3 y PF-4 respectivamente, uniendo el punto en el que éstos se crucen (N) con PF-S:



De esta forma obtendremos el ángulo de las sombras con la horizontal:



Y podremos utilizar este dato para colocar más fácilmente las luces en nuestro **Entorno 3D**, al tener que estar estas en la prolongación de la dirección de las sombras y por lo tanto formando también este mismo ángulo obtenido.

Gracias a este último dato, podremos colocar más eficazmente el sistema de Sunlight, observando que para que la luz esté a 60° respecto a la horizontal de la imagen, el Norte de dicho sistema deberá desviarse un ángulo de 40° , mejorando la apreciación inicial de 45° .

Así, obtenemos la imagen final del *Camera Match* con el posicionamiento correcto de la iluminación y de las sombras:



7 GUÍA EJEMPLIFICADA DEL PROCESO DE CAMERA MATCH EN UN INTERIOR

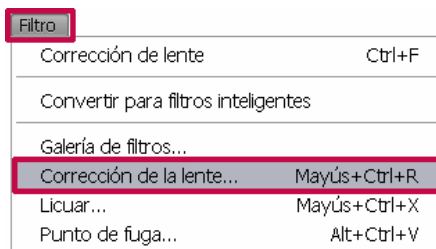
En la siguiente guía se da solución al ajuste de cámara para el renderizado de un objeto 3D sobre una fotografía, de forma que la perspectiva del primero quede acorde a la misma. Para ello se hará uso de *software* como son los programas Adobe Photoshop CS5 y Autodesk 3ds Max Design 2012.

En primer lugar deberemos asegurarnos de poseer los datos de partida necesarios para realizar nuestro proceso de *Camera Match*. Estos elementos no serán más que una fotografía o *Imagen de fondo* y un objeto o *Modelo* modelado en 3D Studio. En esta guía utilizaremos la siguiente fotografía.



7.1 Corrección de lente de la Imagen de fondo

Con respecto a la extracción de datos de nuestra fotografía de partida, el primer paso a dar será identificar la cámara fotográfica y lente con las que se obtuvo, siendo especialmente interesante la distancia focal de la misma. Para ello procederemos a abrir la imagen en Photoshop. Una vez tengamos nuestra imagen abierta con dicho *software*, acudiremos a la herramienta: Filtro/Corrección de lente... [Mayús+Ctrl.+R], la cual abre una ventana con diferentes opciones.



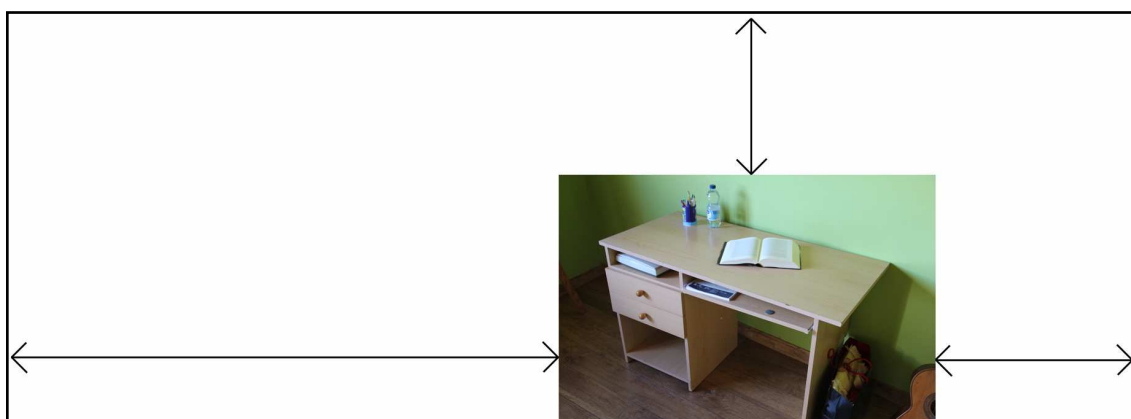
Al partir del supuesto desconocimiento total de datos sobre la cámara que tomó la fotografía, el sistema más rápido es pedir al programa que lo busque automáticamente haciendo clic en el botón “Buscar en línea”. Este es un método rápido que suele aportar buenas y directas soluciones, devolviendo en nuestro caso como modelo la CANON EOS 7D EF-S18-135mm f/3.5-5.6 IS (raw). Una vez obtenida la solución podremos previsualizar la modificación que el programa hará a nuestra imagen para eliminar la distorsión provocada por la lente, tal y como se ve en las siguientes imágenes.

El siguiente paso será buscar en los *metadatos* de la fotografía original la distancia focal concreta a la que fue obtenida, así como el modelo de cámara para a partir de él encontrar el *Crop Factor*. Para ello podremos buscarlos en las propiedades del propio archivo JPEG de la fotografía. En este caso concreto observamos que la distancia focal utilizada fue de 24mm y la cámara una CANON EOS 500D. Si acudimos a la página del fabricante, podremos observar que el *Crop Factor* para este modelo resulta ser un valor de 1.6, por lo que: $24\text{mm} \cdot 1.6 = 38,4\text{mm}$. será el tamaño de la lente que deberemos seleccionar posteriormente.



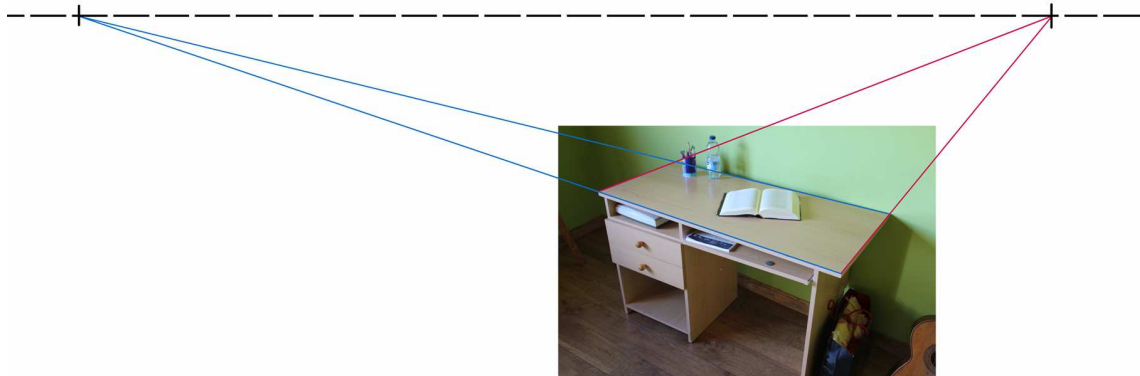
7.2 Análisis de la perspectiva de la Imagen de fondo


A continuación comenzaremos a analizar la perspectiva. Para ello el primer paso será aumentar el lienzo de la imagen dado que ambos puntos de fuga, parecen encontrarse fuera de la imagen original.



Posteriormente y sobre una nueva capa, haremos uso de la herramienta pluma e iremos realizando trazados sobre las líneas de fuga de mayor tamaño que encontremos en la imagen. En este paso es de especial importancia fijarse en que mejor será la solución que obtengamos cuanto más largas sean estas líneas. Así mismo, también mejorará cuanto mayor sea el ángulo que estas formen entre sí. Debemos fijarnos también en que en el *Entorno real* estas líneas deberán ser paralelas al suelo, o de otra forma obtendremos puntos de fuga falseados y que no demarcarán el horizonte real. Una vez que los trazados sean óptimos y con la herramienta pluma todavía seleccionada, procederemos a hacer clic con el botón derecho sobre la imagen, seleccionando

“Contornear trazado”. De esta forma tendremos marcadas ya en una capa diferente las líneas de fuga y lo más importante, sus intersecciones, que serán los puntos de fuga de nuestra imagen. Uniendo los mismos, obtendremos la línea de horizonte de nuestra *Imagen de fondo*, siendo esta normalmente una recta horizontal.



A continuación procederemos a tomar ciertas medidas de la imagen haciendo uso de la herramienta Medición  :

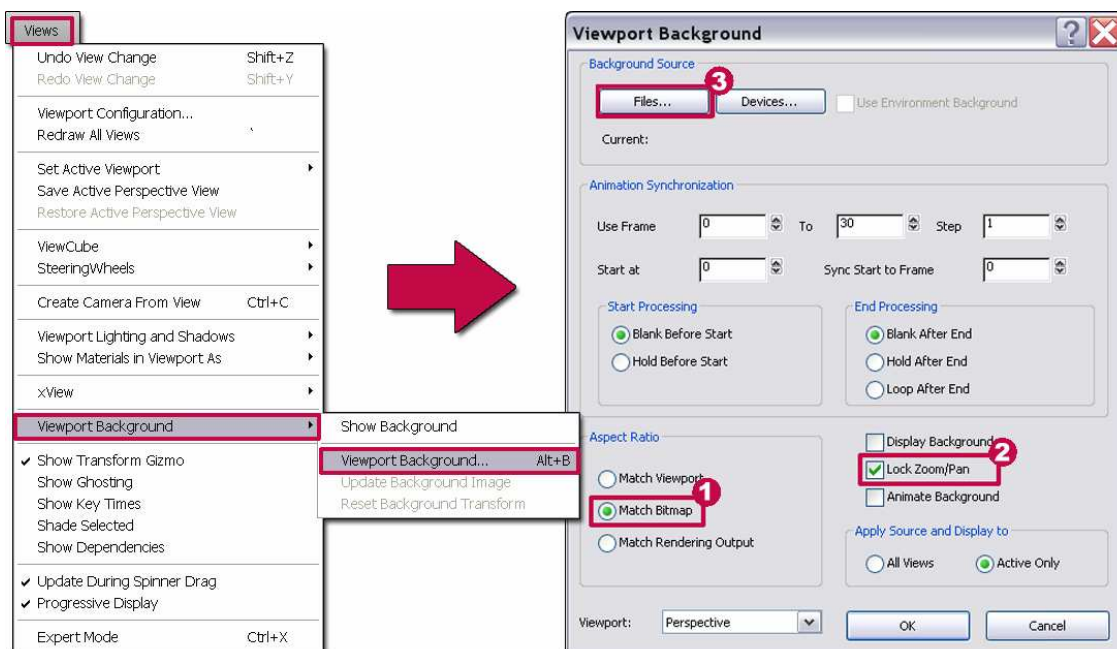
- Altura total de la imagen: 3456 Píxeles.
- Anchura total de la imagen: 5184 Píxeles.
- Distancia desde el centro de la fotografía hasta la línea de horizonte: 3239 Píxeles.
- Distancia horizontal desde el centro de la fotografía hasta los puntos de fuga izquierdo y derecho: 9171 Píxeles y 4188 Píxeles respectivamente.

7.3 Ajustes previos en el software 3D

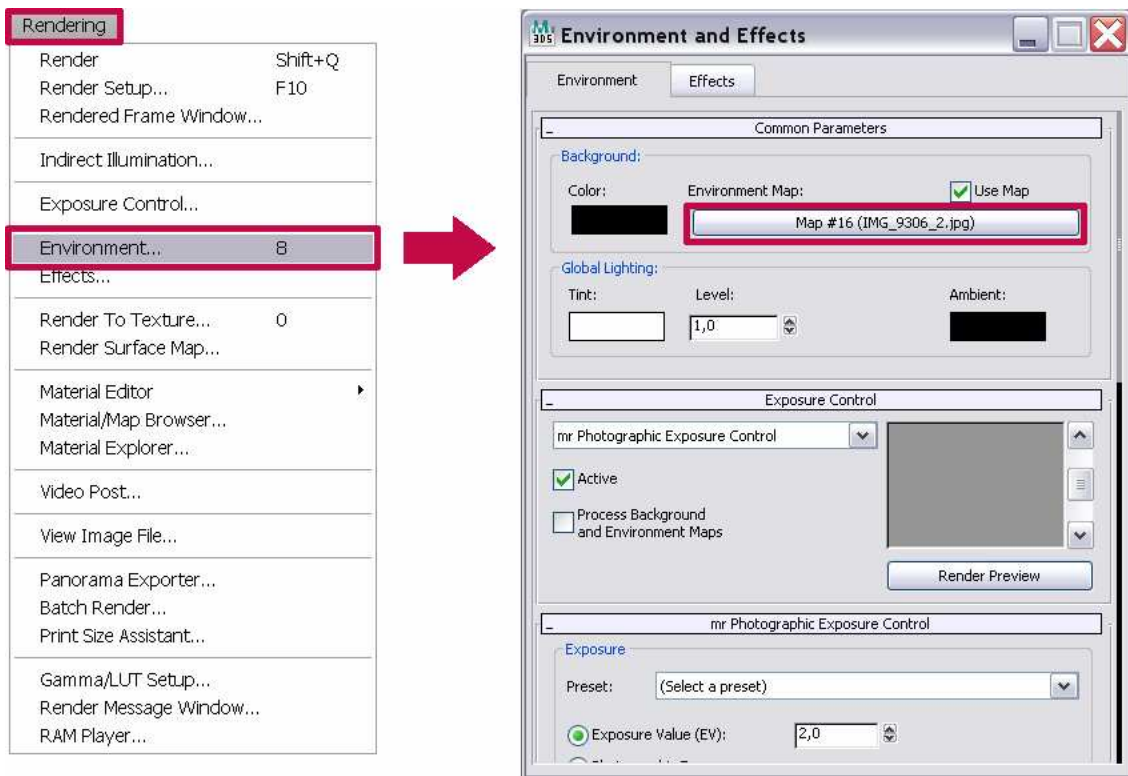
Procederemos a abrir el archivo de nuestro *Modelo*. Si en el mismo no teníamos previamente designado el sistema de unidades, ahora será el momento de hacerlo, yendo a “Customize/Units Setup...”.

A continuación procederemos a incluir la *Imagen de fondo*. Para ello acudimos a “Views/Viewport Background/Viewport Background...” o presionamos [Ctrl.+B]. En la

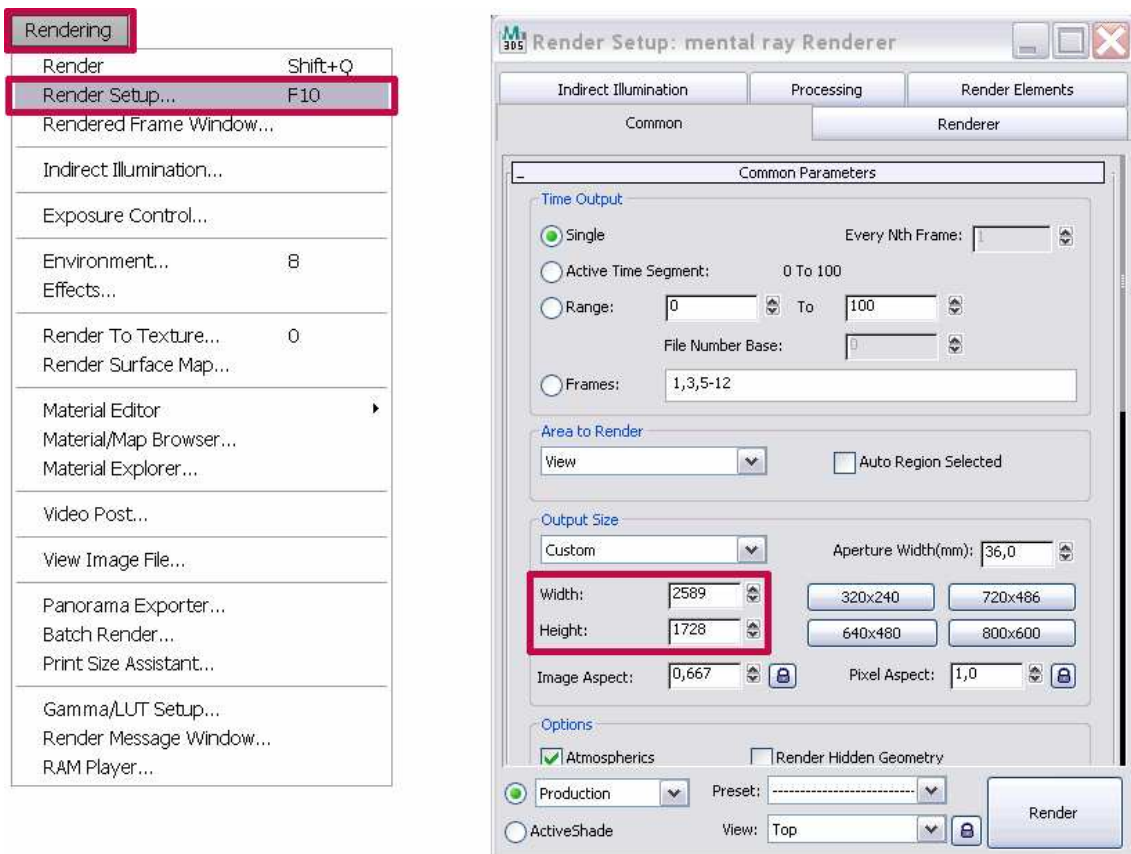
ventana emergente os aseguraremos de activar la casilla Match Bitmap dentro del apartado Aspect ratio y la de Lock Zoom/Pan. Posteriormente seleccionaremos nuestra imagen original haciendo clic en el botón “Files...”.



Seguidamente acudiremos a “Rendering/Environment...” o presionaremos [8]. En la ventana que se nos mostrará deberemos ir a la pestaña Environment, dentro de la cual encontraremos la sección Common Parameters y dentro de la cual se hallará el apartado Background. Haciendo clic en el botón correspondiente se nos abrirá una nueva ventana para seleccionar el tipo de mapa que queremos, donde deberemos buscar el mapa de Bitmap, dentro de los Standard; para seguido seleccionar nuestra *Imagen de fondo*.



Después acudiremos a “Rendering/Render Setup...” o presionaremos [F10], y dentro de la pestaña Common, en el apartado Output Size deberemos introducir las dimensiones originales de nuestra *Imagen de fondo*, o en el caso e que sean excesivamente grandes,



introducir unas proporcionales. En este caso serán la mitad de las originales: 2592 x 1728 Píxeles. De esta forma podremos afirmar que la imagen que obtengamos tras el renderizado será fiel a la original en su proporción.

7.4 Ajuste vertical de la cámara

Para obtener el ajuste vertical de la *Cámara*, en primer lugar deberemos hallar una aproximación de la altura a la que fue obtenida la fotografía. Para ello normalmente se buscan elementos de referencia por los que pase la línea de horizonte. Debido a que en este caso la línea de horizonte queda fuera de la fotografía original, no podremos utilizarlo, por lo que deberemos conformarnos con una suposición que podamos imaginar. Observando la fotografía se podría suponer que haya sido obtenida desde la altura normal de los ojos del fotógrafo. Si se conoce quién obtuvo la fotografía y se puede obtener su altura podremos estimar la altura de los ojos como unos 15 centímetros menor que esta. Si no conocemos al autor de la fotografía o no tenemos acceso a él, deberemos conformarnos con estimar la altura a la que fue obtenida la fotografía con una aproximación de 1,50 metros.

Dado que en este caso tenemos acceso al autor de la fotografía, hemos podido averiguar que su *Altura de los Ojos* es aproximadamente de 1,50 metros, por lo que tomaremos esta cifra como estimación de la altura de la cámara.

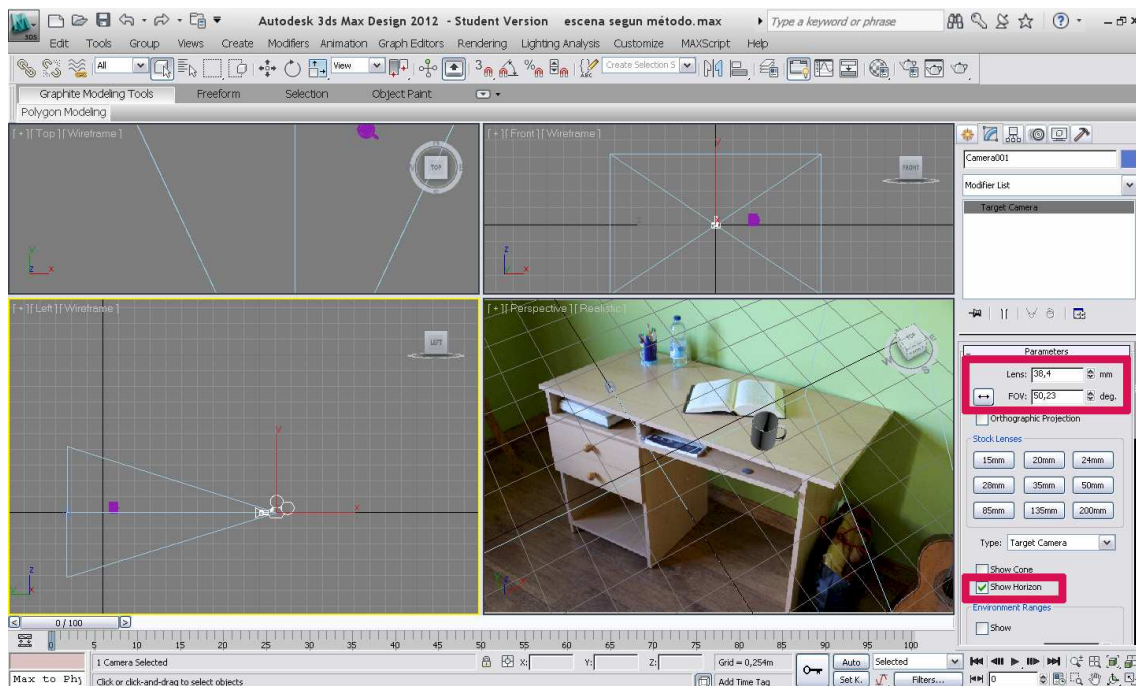
El siguiente paso será crear la *Cámara* y disponerla correctamente. Para ello introducimos una *Cámara* de tipo target. Gracias al análisis que realizó Photoshop de la fotografía sabemos que deberá tener una lente de 38,4mm. A partir de ello obtenemos los siguientes datos para su uso posterior:

Amplitud vertical de la lente: 34,708°

Amplitud horizontal de la lente: 50,23°

Ya obtenidos los datos anteriores, procederemos a colocar la *Cámara* a dicha altura de 1,50 metros en el *Entorno 3D*, disponiendo de momento el target a esa misma

altura y a una distancia de la **Cámara** que nos sea cómoda a la hora de realizar posteriores cálculos. Para ello en nuestro caso designamos esta distancia como una que nos simplifique posteriores cálculos, siendo así de 1 metro. También activaremos la casilla “Show Horizon” para asegurarnos de estar realizando bien el proceso.



Para obtener la distancia final en que deberemos desplazar verticalmente el target utilizamos la siguiente fórmula:

$$y = t \cdot \operatorname{tg}(\gamma) \cdot \frac{X_1}{X_T} \quad \text{Siendo:}$$

y la altura buscada que deberemos elevar el target.

t la distancia del target a la **Cámara**:

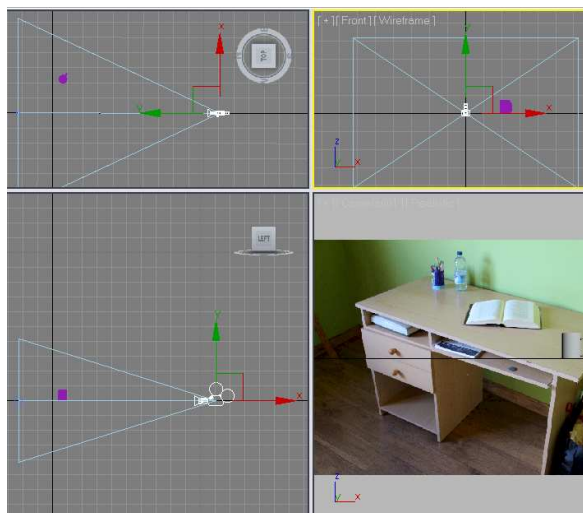
1 m.

γ la mitad de la amplitud vertical de la lente: $34,708^\circ/2 = 17,354^\circ$

X_1 la distancia desde el centro de la imagen hasta la línea de horizonte: 3239 px.

X_T La mitad de la altura total de la imagen: $3456 \text{ PX} / 2 = 1728 \text{ px}$.

Por lo que obtenemos:



$$y = 1m \cdot \operatorname{tg}(17,354^\circ) \cdot \frac{3239px}{1728px} = 0,5858m. \text{ será la distancia a elevar el target.}$$

Una vez realizado esto, ya tendremos la *Cámara* orientada de forma que la línea de horizonte de la misma concuerde con la de la *Imagen de fondo*.



7.5 Ajuste de las líneas de fuga del Modelo


Debido a que en este caso no es necesario el ajuste de la dirección del *Modelo* con ningún punto de fuga en concreto, tan solo procederemos a desplazarlo hasta colocarlo en una posición conveniente y de nuestro



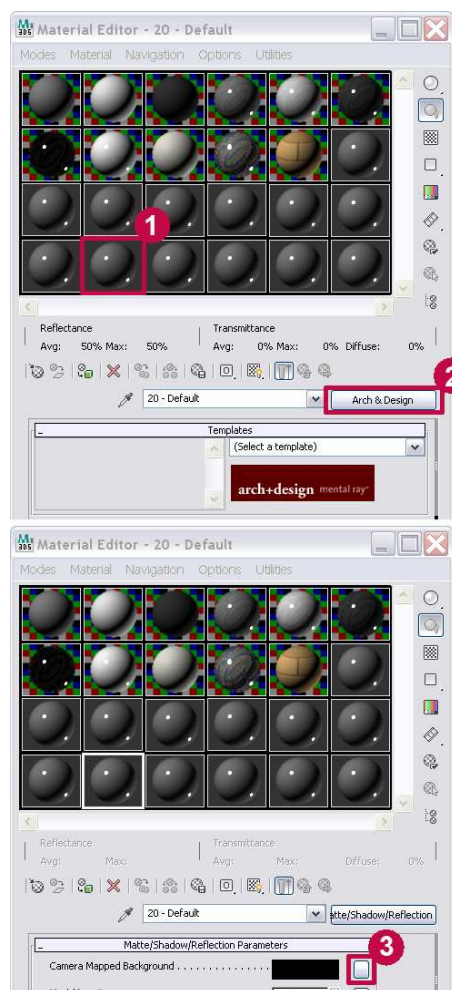
gusto dentro de la *Imagen de fondo*, sin haber ningún tipo de restricción más allá que la del sentido común.

7.6 Aplicación del material Matte/Shadow

Para obtener una integración final entre el *Modelo* y la imagen, deberemos incluir una fuente de iluminación en el *Entorno 3D* cuyas sombras proyectadas sean acordes a las que se dieran en el *Entorno Real*. Para ello haremos uso de la técnica del material Matte/Shadow.

En primer lugar deberemos crear un plano del suelo debajo de nuestro *Modelo*. Para ello acudiremos a la pestaña “Create  /Geometry/Standard Primitives” y seleccionaremos el botón “Plane”. Este plano deberá ser suficientemente amplio para abarcar toda la sombra que será proyectada, por lo que cuanto mayor lo hagamos mejor. Obviamente si queremos que la sombra fuera proyectada sobre algún otro tipo de superficie diferente, como una pared o similar, deberemos crear esta y colocarla adecuadamente utilizando si es necesario el método ya mencionado de ajuste de líneas de fuga.

El siguiente paso será lograr que nuestro plano sea transparente y solamente sirva para que sobre él se proyecte una sombra que sea la que aparezca en el renderizado. Esto lo realizaremos aplicando un material especial al elemento en cuestión, acudiendo a “Rendering/Material Editor/Compact Material Editor...”. En la ventana que se abra, deberemos seleccionar uno de los espacios de muestra no utilizados en la escena (1) y a continuación escoger en él un nuevo material en el Material/Map Browser (2). El material en cuestión



será el “Matte/Shadow/Reflection”, dentro de la pestaña Mental Ray.

En este nuevo material creado, deberemos añadir la **Imagen de fondo** al Camera Mapped Background (3). Deberemos tener cuidado porque para que todo esto sea correctamente realizado, el Mapa de Bits debe ser el mismo utilizado en la escena, que en su momento añadimos al *Environment*, y no nos bastará con acudir a los materiales estándar, seleccionar un *bitmap* y buscar la **Imagen de fondo** de entre nuestro sistema. Deberemos utilizar específicamente el *bitmap* ya usado en la escena, por lo que podremos hacerlo de dos formas:

- Abrir el “*Material/Map Browser*” correspondiente al *Camera Mapped Background* (3) y en él buscar la pestaña *Scene Materials*, seleccionando la misma **Imagen de fondo** utilizada en el *Environment*. Nos preguntará si utilizarlo como *Copy* o *Instance*, seleccionando esta última.
- Sin cerrar el *Compact Material Editor*, abrir la ventana de *Environment* ya utilizada anteriormente en el proceso. Hacer clic sin soltar en el botón correspondiente al *Environment Map*, y arrastrarlo sobre el que corresponde a *Camera/Mapped Background* (3). Nos preguntará si utilizarlo como *Copy* o *Instance*, seleccionando esta última.

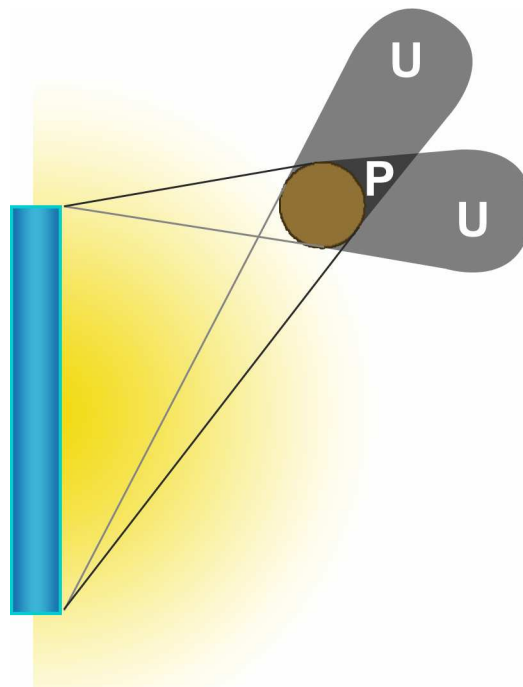
Finalmente, sólo nos quedará aplicar este material a todos aquellos elementos sobre los que se irán a proyectar las sombras.

7.7 Iluminación y Sombras

Al tratarse de una fotografía en un interior la iluminación del **Modelo** la podremos realizar de múltiples formas, eligiendo en nuestro caso hacerlo mediante luces de tipo estándar y en concreto las de mr Area Omni. Para obtener alguna indicación sobre la situación en la que deberemos colocar las luces, acudiremos a realizar un análisis de la perspectiva de las sombras de la **Imagen de fondo**.

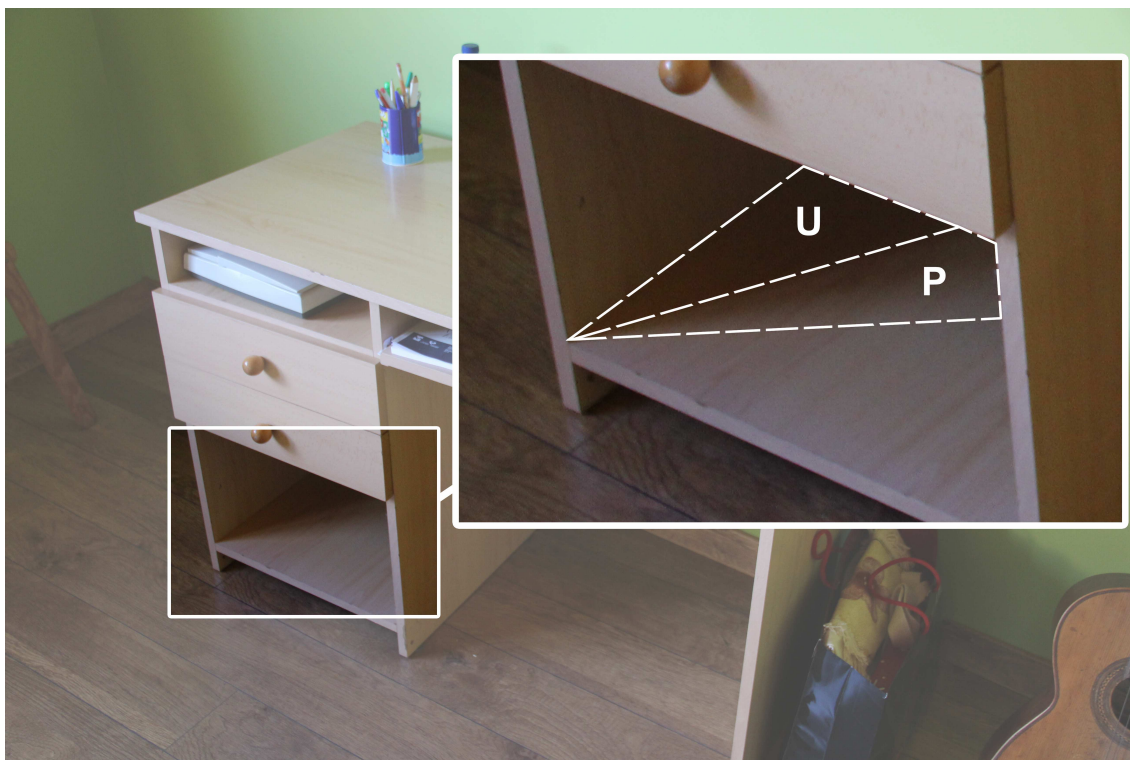
7.7.1 Análisis de la perspectiva de las sombras

Podemos analizar la perspectiva de las sombras de la imagen para hallar el ángulo que estas tienen con la *Cámara* para así obtener aquél sobre el cual deberemos colocar nuestra fuente de iluminación. Acudiendo a la *Imagen de fondo* observamos que se dan tanto zonas de umbra como penumbra. Esto podemos suponer que se debe a una fuente de iluminación amplia, debido a múltiples fuentes de luz, o más probablemente debido a que la luz natural atraviesa una ventana para entrar por ella en

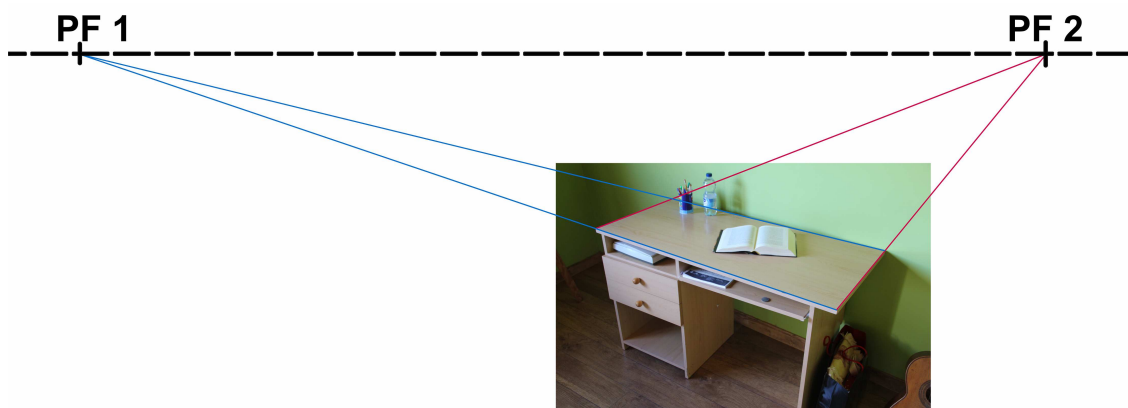


la habitación. Debido a esto deberemos buscar los dos ángulos extremos de dicho abanico de sombras. Para posteriormente decidir si preferimos situar una luz amplia o una centrada respecto a los dos ángulos.

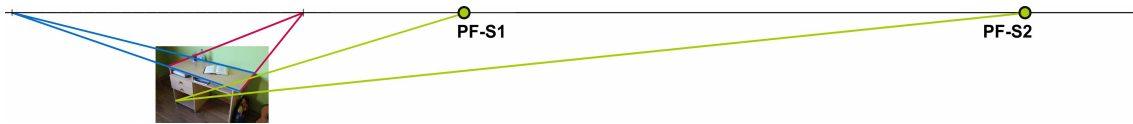
Viendo esto, podemos observar que hallando los ángulos de las proyecciones de la umbra y penumbra podremos conocer las direcciones de las que proviene la luz y por lo tanto los ángulos de los extremos de la misma.



Para ello acudimos a la *Imagen de fondo* con la corrección de lente realizada y la línea de horizonte hallada, en la cual ya teníamos localizados los puntos de fuga PF-1 y PF-2. Debido a que las líneas que producen estos dos puntos de fuga provienen de los lados de un tablero paralelepípedo, se podrá suponer que dichas líneas son perpendiculares entre sí:



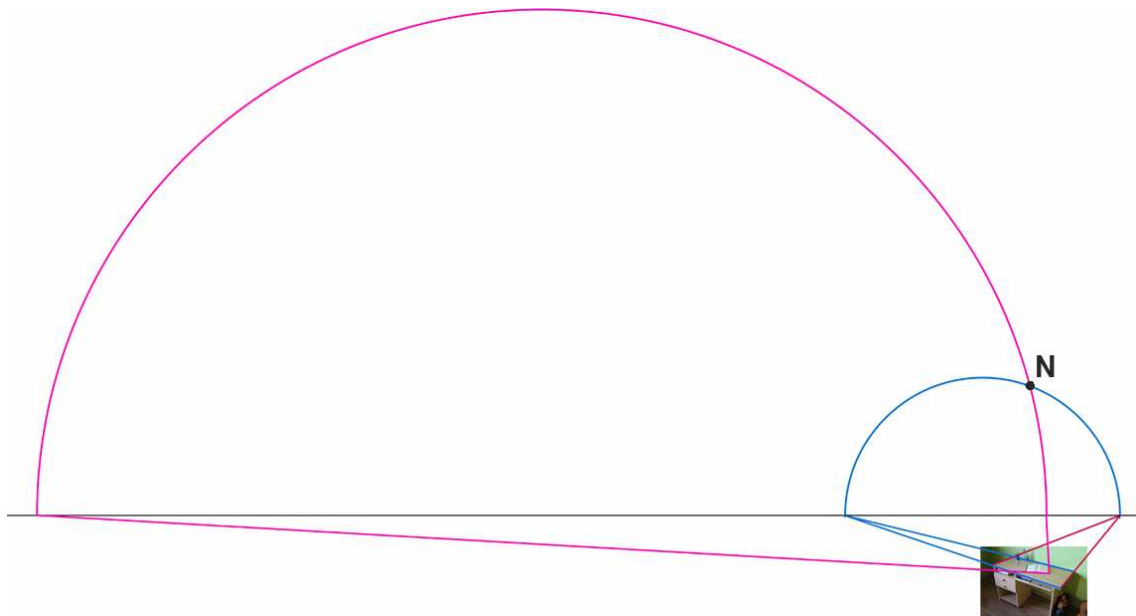
A continuación, el primer paso será encontrar el punto de fuga hacia el que apuntan las sombras de la fotografía (PF-S1 y PF-S2):



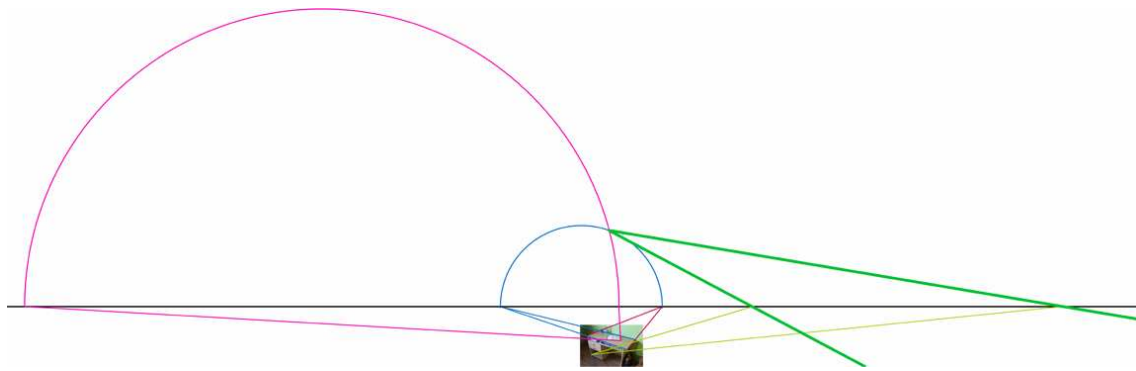
Para poder continuar, deberemos encontrar otro dato más. Para ellos analizamos la imagen en busca de otra pareja de planos o líneas que sean perpendiculares entre sí y que produzcan puntos de fuga diferentes a PF-1 y PF-2. Encontramos que el libro de encima de la mesa nos puede aportar este tipo de información, extrayendo de las líneas de su tomo (en rosa) los puntos de fuga PF-3 y PF-4:



A continuación trazamos dos arcos capaces correspondientes a PF-1 y PF-2 y a PF-3 y Pf-4 respectivamente, obteniendo de su intersección el punto (N):



El paso final será unir (N) con los puntos de fuga PF-S1 y PF-S2 obteniendo dos líneas (en verde), trazando seguidamente las prolongaciones de las mismas:



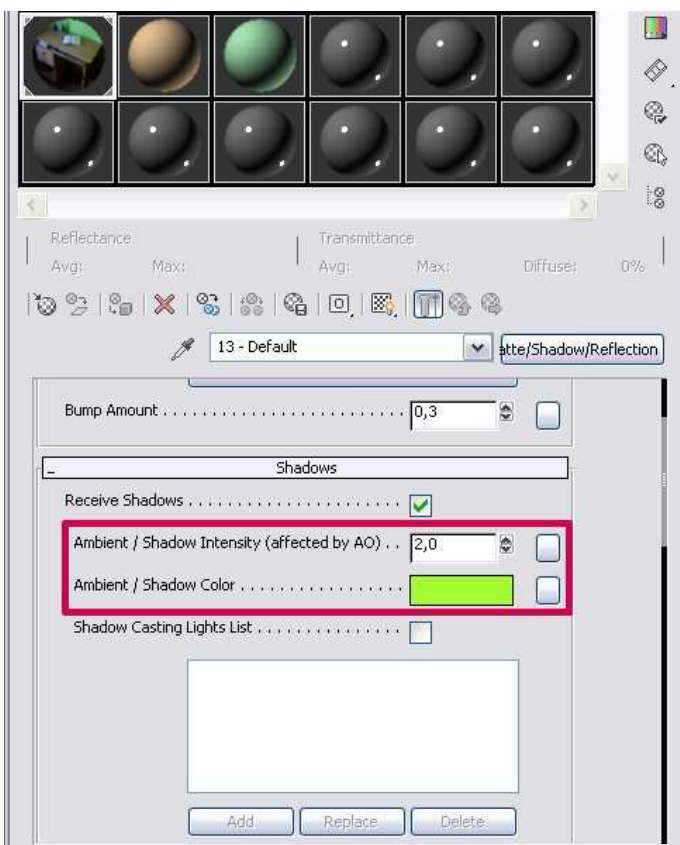
De esta forma obtendremos el ángulo de las sombras con la horizontal, el cual será en PF-S1 de $27,7^\circ$ y en PF-S2 de 10° . Así, podremos utilizar este dato para colocar más fácilmente las luces en nuestro *Entorno 3D*, al tener que estar estas en la prolongación de la dirección de las sombras y por lo tanto formando también este mismo ángulo obtenido.

Para nuestro caso utilizaremos una única fuente de luz que colocaremos sobre la mediatriz de las proyecciones de las sombras, estando así por lo tanto sobre el ángulo medio entre los obtenidos y formando $18,85^\circ$ con la horizontal.

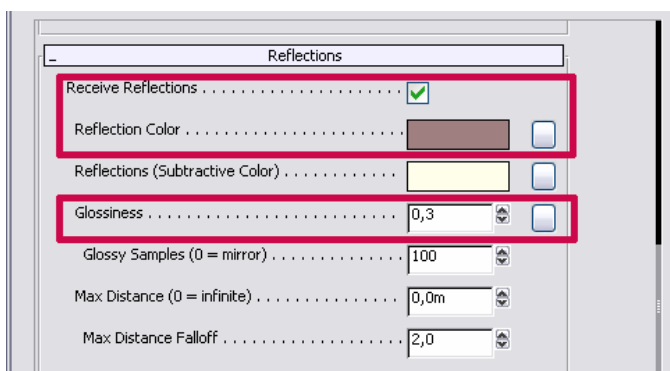


Finalmente, una vez obtenidas las sombras correctamente procederemos a realizar algunos cambios en las características del material Matte-Shadow, de forma que las sombras proyectadas sobre este sean acordes en intensidad y color a las que se dan en la *Imagen de fondo*.

En primer lugar modificaremos cómo resultan las sombras proyectadas sobre dicho material. Para ello se abre el compact material editor como ya se ha realizado anteriormente y seleccionamos el material en cuestión. Dentro del apartado *Shadows* deberemos aumentar el valor “*Ambient/Shadow Intensity (affected by AO)*” para disminuir la intensidad de la sombra, y también deberemos modificar el “*Ambient/Shadow color*” para que el color de la sombra proyectada sea acorde al del resto de las sombras cercanas de la *Imagen de fondo*.



Posteriormente iremos al apartado *Reflections* en el cual activaremos su casilla correspondiente para permitir que nuestro material reciba reflexiones. Acto seguido cambiaremos el “*Reflection color*” para ajustar el color de dichas reflexiones con el de las que se dan en la *Imagen de fondo*, y modificaremos también el valor de “*Glossiness*” reduciéndolo, para así lograr que estas sean más leves y suaves.



Tras todos estos pasos, obtendremos la imagen final del *Camera Match* en un interior con el posicionamiento correcto, intensidad y color de la iluminación y de las sombras:



8 CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

8.1 CONCLUSIONES

Habiendo visto los pasos empleados en el proceso propuesto, y la facilidad para hallar los datos necesarios para su realización, se puede concluir que se trata de un método viable para lograr una solución lo suficientemente correcta en aquellos casos en que se disponga de los datos de partida necesarios para poder llevarlo a cabo.

El proceso además resulta de alta utilidad al permitir a cualquier usuario realizar un ajuste de cámara sin precisar de mediciones sobre el terreno o *Entorno real*, permitiendo una aproximación al problema que admite la utilización de imágenes o fotografías de archivo, obtenidas de segundas fuentes o incluso terceras, pudiendo incluso preocuparnos por encontrar una imagen que nos resulte conveniente y no teniendo que obtenerla nosotros mismos.

Se puede observar que el proceso propuesto sólo será realizable cuando se cumplan ciertos criterios o requisitos mínimos en los datos de partida, o lo que es lo mismo, en la fotografía a utilizar como *Imagen de fondo*. Las condiciones de partida resultan así las siguientes para cada uno de las partes del proceso:

- Para poder realizar el ajuste del ángulo vertical de la *Cámara*, se precisa que sean obtenibles los puntos de fuga en la imagen y a través de ellos la línea de horizonte, resultando indiferente que queden dentro o fuera de la *Imagen de fondo*.
- Para poder utilizar el sistema de Sunlight se precisará conocer ciertos datos sobre la ubicación del *Entorno real* de la fotografía. No se precisa sin

embargo el traslado a la localización ni la toma de medidas in situ, si no conocer la localización del lugar para poder extraer su latitud y longitud e incluso la dirección del norte respecto a la *Cámara*.

- Para poder obtener las indicaciones sobre el ángulo de iluminación a través del análisis de la perspectiva, se precisa uno de los dos casos siguientes:

- o La fotografía de partida debe tener Perspectiva Vertical y en ella deben ser reconocibles al menos dos líneas que formen un ángulo conocido (preferiblemente y normalmente de 90°). Estas líneas deberán ser paralelas al suelo, u horizontales, en el Entorno Real.

O bien:

- o La fotografía no tiene por qué poseer Perspectiva Vertical, pero a cambio deberá haber en ella al menos otra pareja adicional de líneas con las mismas condiciones que la anterior y que no podrán ser paralelas a ellas.

Además, tal y como se ha visto, el punto de partida del proceso propuesto son o bien datos de fácil extracción (lente utilizada, tamaño de la *Imagen de fondo*, etc), o bien aproximaciones obtenidas mediante el análisis ocular (estudio de la perspectiva). Así, los mayores errores que se obtendrán provendrán de dicho análisis, por lo que habrá que mantener un especial cuidado durante su realización. A pesar de ello, debido a que la finalidad de este método es la de generar una solución suficientemente buena como para que el ojo no la advierta y no el generar una solución exacta, nuestra aproximación podrá considerarse correcta siempre que sea igualmente correcta su realización.

8.2 Trabajo futuro

Una vez conocidas las posibilidades ofrecidas, casos válidos y planteamientos de este proceso, podemos ver un camino de continuación por el que seguir avanzando en busca de solucionar una mayor amplitud de casos y trabajar bajo una generalidad mayor.

El siguiente paso a avanzar queda claramente dictaminado por las restricciones sufridas en el proceso en forma de los requisitos necesarios a encontrar dentro de la *Imagen de fondo*. Estas restricciones son, más específicamente las siguientes:

- Debemos ser capaces de hallar los puntos de fuga en la imagen y a través de los la línea de horizonte, siendo indiferente que queden dentro o fuera de la *Imagen de fondo*.
- La *Imagen de fondo* debe poseer al menos una de las siguientes características:
 - o Debe ser una fotografía con Perspectiva Vertical y tener dentro de la geometría que en ella aparezca reflejada, al menos **una** pareja de líneas (horizontales en el *Entorno real*) cuyo ángulo conozcamos (preferiblemente y normalmente de 90°).

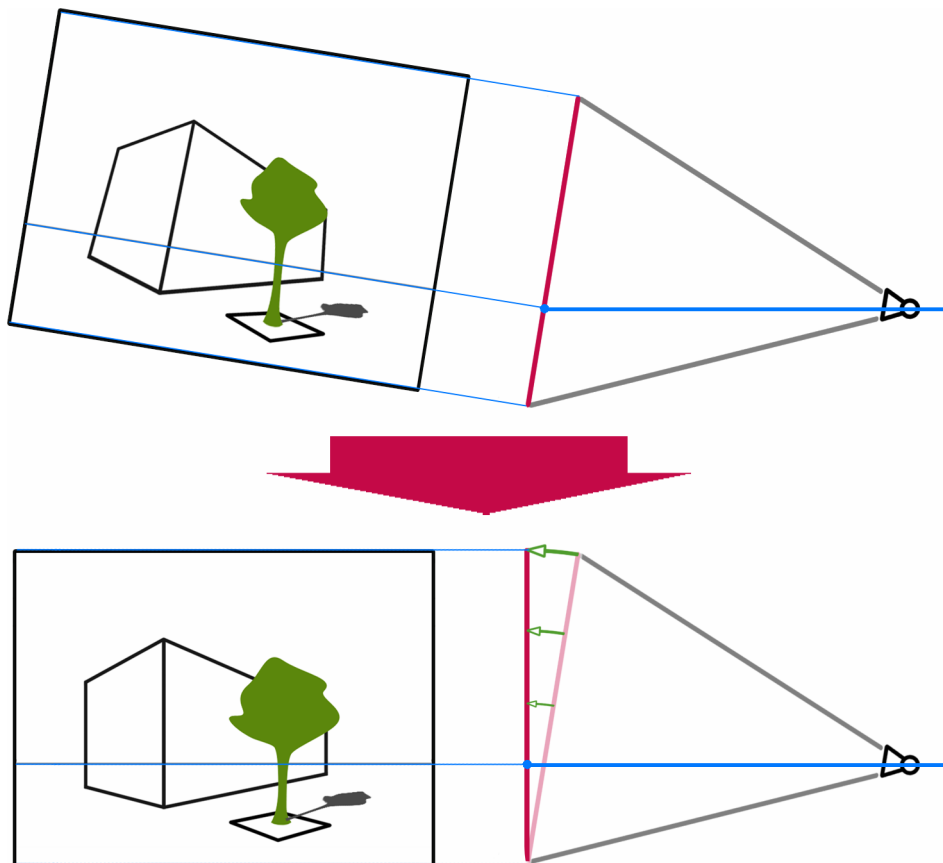
O bien:

- o Dentro de la geometría reflejada en la fotografía deberemos ser capaces de discernir como mínimo **dos** parejas de líneas horizontales (horizontales en el *Entorno real*), no paralelas entre sí, y cuyos ángulos conozcamos (preferiblemente y normalmente de 90°).

En el caso del primer requisito sobre los puntos de fuga, dado que es una condición imprescindible para poder comenzar un análisis de la perspectiva será un dato del que nunca podremos prescindir.

En la segunda pareja de condiciones, tenemos que es más fácil encontrar en la imagen tan solo una pareja de líneas cuyo ángulo conozcamos en vez de dos. Pero por otro lado el que la fotografía tenga una Perspectiva Vertical es algo que nos encontraremos en muchos menos casos.

La propuesta para mejorar el método consistiría en, una vez analizada la perspectiva de una fotografía con Perspectiva no Vertical y obtenidos sus puntos de fuga, ser capaces de transformarla geoméricamente. Esta transformación debería ser tal que nos permitiera obtener una nueva imagen, heredera de la original, pero con una Perspectiva Vertical y por lo tanto con la Línea de Horizonte exactamente en el medio de dicha nueva imagen. Así, podríamos realizar los análisis de ángulos precisando solo una única pareja de líneas que formaran un ángulo y además consiguiendo un proceso de análisis más sencillo y por lo tanto con una probable menor cantidad de errores. Una vez se tuviera analizada dicha nueva imagen, podríamos utilizar los datos extraídos de ella y los ángulos hallados en verdadera magnitud para situar elementos e iluminaciones sobre nuestro *Entorno 3D*, volviendo a utilizar como *Imagen de fondo* la fotografía original.



Dicho proceso debería realizarse mediante un algoritmo matemático que transformara las líneas en función del ángulo con el que la *Cámara* hubiera tomado la fotografía original, el cual se conocería gracias a la primera parte del proceso actual.

Resulta de interés hacer notar que esta transformación o alteración de la fotografía original, debería realizarse más bien sobre las líneas de la perspectiva y puntos de fuga previamente hallados, ya que el proceso sería más fácil que el de deformar toda la fotografía completa.

9 BIBLIOGRAFÍA

- [1] Rendering Synthetic Objects into Legacy Photographs. Kevin Karsch, Varsha Hedau, David Forsyth & Derek Hoiem. University of Illinois at Urbana-Champaign, 2012.
- [2] Recovering the Spatial Layout of Cluttered Rooms. Varsha Hedau, David Forsyth & Derek Hoiem. University of Illinois at Urbana Champaign, 2009.
- [3] A new Approach to Vanishing Point Detection in Architectural Environments. Carsten Rother. Royal Institute of Technology, 2002.
- [4] Photo Clip Art. Jean-François Lalonde, Derek Hoiem, Alexei A. Efros, Carsten Rother, John Winn, Antonio Criminisi. Carnegie Mellon University and Microsoft Research Cambridge, 2007.
- Image-Based Material Editing. Erum Arif Khan¹ University of Central Florida. Erik Reinhard, University of Bristol. Roland W. Fleming and Heinrich H. Bulthof, Max Planck Institute for Biological Cybernetics, 2006.
- La Biblia de 3D Max. Nelly L. Murdock. Anaya Ediciones, 2009.
- Fundamentos de Informática Gráfica. David Escudero. Ed. CEYSA, 2003.
- Computer Graphics for Architects, Engineers and Environmental Designers. D. Dayton Reuter. Watson-Guptill Publications, 2002.
- Geometría de la representación aplicada al dibujo técnico. Fundamentos. Mariano Nieto Oñate, J. Arribas González, Enrique José Rebotto Rodríguez. Universidad de Valladolid, 1995.