



**Universidad de Valladolid**

**E.T.S. Ingeniería Informática**

**Grado en Informática**

---

**Transformación automática de objetos 3D a  
formatos compatibles con navegadores de  
realidad aumentada para escenarios  
educativos**

---

*Autor: M<sup>a</sup> Judith Samaniego García*

*Tutores: Alejandra Martínez Monés*

*Juan Alberto Muñoz Cristóbal*



### **Agradecimientos:**

En primer lugar me gustaría agradecer a mis tutores Alejandra y Juan la gran labor que han realizado en este proyecto, tanto a nivel técnico como a nivel personal. Sin su ayuda y apoyo este trabajo no hubiera dado sus frutos.

En segundo lugar y no menos importante, me gustaría agradecer a mis compañeros del grupo GSIC de la Universidad de Valladolid, su cariño, ayuda y apoyo durante los meses que he tenido la gran suerte de trabajar con ellos. Gracias a vosotros he aprendido que con trabajo, perseverancia y buen humor se consiguen todos los propósitos.

Por último y como en todos los proyectos de mi vida, quiero agradecer a mi familia los valores que me han inculcado desde pequeña y por hacerme ver que los ingredientes fundamentales para conseguir mis metas son el trabajo, el trabajo y el trabajo. Gracias a todos por respetarme y apoyarme día a día en mis decisiones. Y por supuesto, a Javier por su comprensión y apoyo en mis momentos de bajón y por la paciencia y el cariño que ha demostrado durante todos estos años.

Gracias a todos los que habéis hecho de mí la persona que hoy en día soy.

# ÍNDICE GENERAL

1.	Introducción y objetivos .....	9
1.1.	<i>Introducción</i> .....	9
1.2.	<i>Objetivos del proyecto</i> .....	11
1.3.	<i>Descripción técnica</i> .....	12
1.4.	<i>Metodología</i> .....	14
1.5.	<i>Estructura de la memoria</i> .....	16
2.	Planificación .....	19
2.1.	<i>Introducción</i> .....	19
2.1.1.	<i>Descripción global del proyecto</i> .....	19
2.1.2.	<i>Entregas</i> .....	19
2.1.3.	<i>Evolución del plan de proyecto software</i> .....	20
2.2.	Organización del modelo .....	20
2.2.1.	<i>Modelo del proyecto</i> .....	20
2.2.2.	<i>Fases del proyecto</i> .....	20
2.3.	Proceso de gestión .....	21
2.3.1.	<i>Prioridades y objetivos de gestión</i> .....	21
2.3.2.	<i>Gestión de riesgos</i> .....	22
2.4.	Proceso técnico .....	24
2.4.1.	<i>Documentación sobre el software</i> .....	24
2.5.	Paquetes de trabajo y planificación temporal .....	24
2.5.1.	<i>Paquetes de trabajo</i> .....	24
2.5.2.	<i>Planificación temporal. Diagrama de Gantt</i> .....	26
3.	Utilización de modelos 3D en navegadores de Realidad Aumentada .....	31
3.1.	<i>Modelos 3D</i> .....	31
3.2.	<i>Herramientas autoría de modelos 3D</i> .....	34
3.3.	<i>Bibliotecas de modelos 3D</i> .....	38

3.4.	<i>Navegadores Realidad Aumentada</i> .....	40
3.5.	<i>Traductores existentes</i> .....	44
4.	Selección de tecnologías .....	47
4.1.	<i>Criterios de selección</i> .....	47
4.2.	<i>Tecnologías y herramientas seleccionadas</i> .....	48
4.3.	<i>Conclusiones de la selección de tecnologías</i> .....	50
5.	Análisis y diseño de la herramienta .....	55
5.1.	<i>Escenario inicial</i> .....	55
5.2.	<i>Especificación de requisitos</i> .....	56
5.3.	<i>Especificación de casos de uso</i> .....	60
5.4.	<i>Modelo de dominio</i> .....	61
5.5.	<i>Arquitectura del software</i> .....	62
6.	Implementación de la herramienta .....	65
7.	Validación de la herramienta .....	71
7.1.	<i>Prueba 1: Transformación de formato Google SketchUp a formato Junaio y Wikitude</i>	71
7.2.	<i>Prueba 2: Transformación desde Meshlab a formato Junaio y Wikitude</i> .....	72
7.3.	<i>Prueba 3: Transformación desde Meshlab a formato Layar</i> .....	72
7.4.	<i>Prueba 4: Transformación desde Google SketchUp y 3dwarehouse a formato Layar</i> ..	73
7.5.	<i>Prueba 5: Transformación desde Meshlab a formato Aurasma, Kharma o Ezflar</i> .....	74
8.	Conclusiones y futuras ampliaciones .....	77
9.	Referencias bibliográficas .....	82

## Anexos

Anexo I. Ejemplo diseño educativo .....	88
Anexo II. Manual de instalación y usuario .....	97



## Capítulo 1

# Introducción y objetivos



# 1. Introducción y objetivos

## 1.1. Introducción

La Realidad Aumentada (AR, por sus siglas en inglés – *Augmented Reality*) es una técnica que permite percibir una realidad mixta superponiendo objetos virtuales a entornos reales, de manera que ambos parecen coexistir en el mundo real. Los sistemas que utilizan esta tecnología combinan lo real y lo virtual, son interactivos en tiempo real y pueden presentar objetos tridimensionales [3].

Los comienzos de la AR se sitúan en torno a los años 60 y 70, aunque ha sido en los últimos años cuando ha experimentado un crecimiento más notable debido a la aparición sobre todo de dispositivos móviles (*tablets, smartphones*) con gran capacidad de procesamiento gráfico y de almacenamiento de datos. Para poder integrar esta tecnología dentro de los dispositivos es necesario el uso de aplicaciones específicas como son los navegadores de AR que aprovechando el acceso a la web y la cámara de los terminales permiten interactuar al usuario y obtener información de interés accediendo a contenidos de distintos proveedores.

Con el paso del tiempo esta tecnología se ha ido incluyendo en áreas tan diversas como la publicidad, el turismo, el ocio o la medicina entre otras. La educación no se ha quedado al margen de estas iniciativas y también ha comenzado a introducir AR en algunas de sus disciplinas. Existen algunos estudios [1, 2] que afirman que las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) tendrán especial impacto en el aprendizaje, la enseñanza y la investigación en los próximos cinco años, y en concreto predicen que el uso de la AR se propagará en el ámbito de la educación en dos o tres años.

La aplicación de la AR a la educación está siendo estudiada y desarrollada por diversos grupos de investigación a nivel internacional<sup>1</sup>. En concreto, el grupo de investigación de Sistemas Inteligentes y Colaborativos de la Universidad de Valladolid “GSIC”<sup>2</sup> está trabajando en proyectos

---

<sup>1</sup> Las referencias a algunos grupos de investigación a nivel internacional son las siguientes:

<http://mitstep.org/>, última visita: 17/05/2012

<http://www.hitlabnz.org/index.php>, última visita: 17/05/2012

<http://www.hitl.washington.edu/home/>, última visita: 17/05/2012

<http://gameslab.radford.edu/>, última visita: 17/05/2012

<http://www.ims.tuwien.ac.at/index.php>, última visita: 17/05/2012

<http://www.icg.tugraz.at/>, última visita: 17/05/2012

<http://wearables.unisa.edu.au/>, última visita: 17/05/2012

<sup>2</sup> <http://www.gsic.uva.es/>, última visita: 05/09/2012

de investigación<sup>3</sup> sobre aspectos relacionados con el uso de la AR en la educación con el fin de mejorar el aprendizaje colaborativo.

Los navegadores de AR ofrecen la posibilidad de combinar modelos 3D con objetos reales a partir de marcadores situados en el mundo real o a través de geoposicionamiento, como por ejemplo utilizando GPS (del inglés *Global Positioning System*) [3]. Existe una gran variedad de formatos disponibles tanto para representar objetos virtuales en 3D como para visualizar modelos 3D (también llamado objeto 3D) en navegadores de AR.

Existen herramientas que permiten crear y reutilizar modelos en tres dimensiones. Las herramientas que ofrecen la posibilidad de crear nuevos modelos son los denominados editores o herramientas de autoría y las que permiten reutilizar modelos son las llamadas bibliotecas de modelos 3D. Algunas de estas herramientas son Google SketchUp<sup>4</sup> o Blender para el caso de los editores y 3dwarehouse para el caso de las bibliotecas. Para que los modelos se puedan visualizar en navegadores AR tienen que presentar formatos determinados, ya que los navegadores aceptan un número muy limitado de formatos. Tanto las herramientas de autoría como las bibliotecas ofrecen modelos 3D en unos formatos concretos y los navegadores AR permiten visualizar dichos modelos en formatos también específicos. Por lo tanto, se concluye que para poder crear o reutilizar modelos 3D y poder visualizarlos en navegadores AR es necesario disponer de un conversor de formatos.

En este escenario nos encontramos con un problema de incompatibilidad entre formatos de representación de modelos 3D y visualización de los mismos. Las aplicaciones destino (navegadores de AR) no aceptan algunos de los formatos proporcionados por las aplicaciones origen (editores y bibliotecas de modelos 3D), lo que supone un gran inconveniente a la hora de buscar o crear un modelo 3D y usarlo en un navegador de AR. Problema que se hace más visible en el caso de usuarios no expertos técnicos como ocurre en el ámbito de la educación.

En el presente TFG se pretende abordar este problema. Para ello se realizará un estudio sobre el estado del arte tanto de herramientas de autoría, bibliotecas y navegadores. Además se creará un prototipo de traductor que transforme de manera automática los formatos de modelos 3D a los formatos compatibles de AR, teniendo en cuenta los navegadores más utilizados en AR y su aplicación en escenarios educativos.

El problema y los beneficios de la solución propuesta se ilustrarán mediante un caso práctico que servirá como escenario para mostrar los resultados obtenidos en este TFG.

---

<sup>3</sup> Algunos proyectos de investigación de GSIC-EMIC relacionados con el tema son los proyectos CTEFUva-DIV-2011-02-P3 CTEFUva-PID-2011-02-P4, financiado por la Cátedra de Movilidad y Educación de Telefónica, y el proyecto CEE (TIN2011-28308-C03-02), financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad

<sup>4</sup> En este apartado aparecen citadas varias herramientas que serán presentadas más adelante en la memoria

## **1.2. Objetivos del proyecto**

El **objetivo principal** del presente TFG consiste en el estudio y la propuesta de soluciones para afrontar el problema de la variedad de formatos existente entre los editores y bibliotecas de modelos 3D y los navegadores de AR. El traductor debe realizar la conversión de formatos de manera automática.

Para su desarrollo, este objetivo principal se desglosa en varios subobjetivos, de manera que la consecución de los **objetivos parciales**, nos lleve a conseguir el objetivo principal.

1) Analizar los formatos utilizados por herramientas de autoría y bibliotecas de modelos 3D y los formatos de modelos 3D que manejan los navegadores de AR. Estudiar la posibilidad de realizar la conversión de formatos a través de herramientas de manera automática.

2) Seleccionar las herramientas que se consideren más apropiadas para su inclusión en entornos educativos. Adaptar los resultados del TFG a un escenario ya existente.

3) Construir un prototipo que resuelva este problema, adaptándose a las tecnologías elegidas.

## 1.3. Descripción técnica

En este TFG se va a realizar un estudio sobre los formatos más comunes de los modelos en tres dimensiones. En dicho trabajo se contempla tanto el análisis de los formatos de las herramientas de autoría existentes, que sirven como editores de modelos 3D propios, como los formatos que podemos encontrar en bibliotecas de modelos 3D, como 3dwarehouse<sup>5</sup>, que permiten obtener modelos 3D ya existentes. A su vez, se realizará un análisis sobre los formatos que aceptan los navegadores de AR, tales como Junaio<sup>6</sup>, Layar<sup>7</sup>, Wikitude<sup>8</sup>, etc., los cuales actúan como aplicación destino donde se visualizarán los modelos 3D. Además se estudiarán las restricciones, limitaciones o características concretas que ofrecen estos navegadores.

Tras realizar el estudio sobre los formatos de modelos 3D, herramientas de autoría, bibliotecas y navegadores, se procederá a realizar una selección de las tecnologías, incluyendo dentro de esta selección las herramientas origen y destino que se consideren más adecuadas para incluir en escenarios educativos. Una vez realizado el filtrado y teniendo un número más reducido de formatos y herramientas, se procederá a la implementación de un traductor que resuelva el problema de la incompatibilidad de formatos que se pretende resolver en el presente TFG.

Con el fin de proporcionar al lector una descripción técnica inicial de los elementos que intervienen el proyecto, se incluye la *Figura 1*, en la que se puede percibir de manera gráfica cómo interactúan los diferentes elementos y su relación con los objetivos del proyecto. A través de este gráfico se pretende proporcionar una idea más clara del problema que el TFG pretende resolver.

---

<sup>5</sup> Biblioteca modelos 3D de Google SketchUp

<sup>6</sup> <http://www.junaio.com/>, última visita 04/09/2012

<sup>7</sup> <http://www.layar.com/>, última visita 10/07/2012

<sup>8</sup> <http://www.wikitude.com/>, última visita 10/07/2012

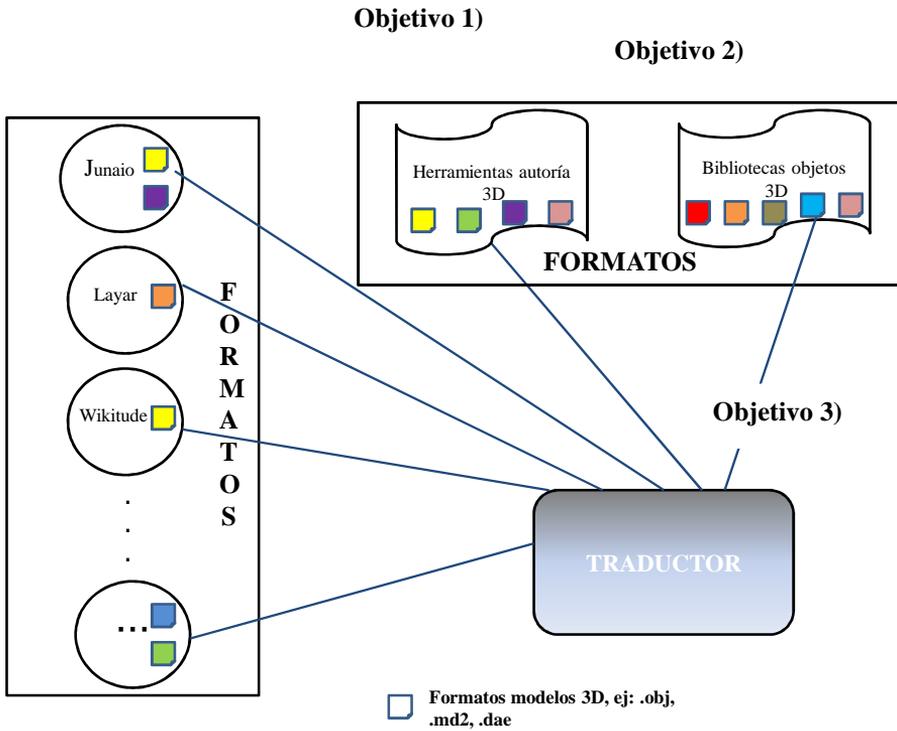


Figura 1: Descripción técnica del TFG

## 1.4. Metodología

La metodología a seguir a lo largo de este TFG es una metodología tradicional basada en un proceso en espiral del desarrollo software.

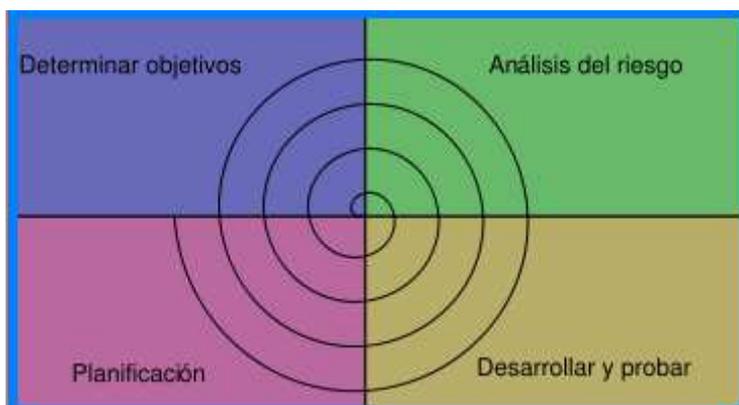
La principal características del modelo en espiral es la gestión de riesgos de forma periódica en el ciclo de desarrollo. Este modelo fue creado en 1988 por Barry Boehm, combinando algunos aspectos clave de las metodologías del modelo de cascada y del desarrollo rápido de aplicaciones, pero dando énfasis en un área no contemplado en otros modelos de desarrollo software: un análisis iterativo y centrado en los riesgos, especialmente en sistema complejos de gran escala [9].

La espiral se visualiza como un proceso que pasa a través de algunas iteraciones con el diagrama de los cuatro cuadrantes representativos de las siguientes actividades, ver *Figura 2*.

1. Crear planes con el propósito de identificar los objetivos del software seleccionados para implementar el programa y clarificar las restricciones en el desarrollo del software.
2. Análisis de riesgos: una evaluación analítica de programas seleccionados, para evaluar como identificar y eliminar el riesgo.
3. Implementación del proyecto: implementación del desarrollo del software y su pertinente verificación.

El modelo en espiral con énfasis en los riesgos, hace hincapié en las condiciones de las opciones y limitaciones para facilitar la reutilización de software, la calidad del software puede ayudar como una meta propia en la integración en el desarrollo del producto. Sin embargo, el modelo en espiral tiene algunas limitaciones, entre las que destacan:

1. El énfasis se sitúa en el análisis de riesgo, y por lo tanto requiere de clientes que acepten este análisis y actúen en consecuencia. Para ello es necesaria confianza en los desarrolladores así como la predisposición a gastar más para solventar los temas, por lo cual este modelo se utiliza frecuentemente en desarrollo interno de software a gran escala.
2. Si la implementación del riesgo de análisis afectara de forma esencial los beneficios del proyecto, no debería utilizarse este modelo.
3. Los desarrolladores de software han de buscar de forma explícita riesgos y analizarlos de forma exhaustiva para que este modelo funcione.



*Figura 2: Gráfico modelo en espiral*

La primera fase es la búsqueda de un plan para conseguir los objetivos con las limitaciones del proyecto para así buscar y eliminar todos los riesgos potenciales por medio de un cuidadoso análisis, y si fuera necesario incluyendo la fabricación de un prototipo. Si es imposible descartar algunos riesgos, el cliente ha de decidir si es conveniente terminar el proyecto o seguir adelante ignorando los riesgos. Por último, se evalúan los resultados y se inicia el diseño de la siguiente fase.

Entrando en aspectos específicos del TFG, una vez fijados y descritos los objetivos del mismo, se realizará una fase previa de estudio del estado del arte de la tecnología que se va a utilizar con el fin de tener una visión global de la situación actual y obtener unos conocimientos mínimos iniciales.

Una vez claros los objetivos del trabajo y adquiridos los conocimientos necesarios para comprender el ámbito en el que se enmarca el proyecto, se procederá a realizar un estudio exhaustivo sobre las diferentes herramientas de autoría, bibliotecas y navegadores existentes así como de los formatos particulares de cada una de las herramientas. Cabe destacar el peso de esta investigación ya que constituye el grueso del trabajo.

Después del estudio mencionado anteriormente se procederá a una etapa de selección de tecnologías, determinando aquellas que se consideren más adecuadas para su inclusión en escenarios educativos. Para conseguir realizar dicha selección, se establecerán una serie de criterios que se pueden consultar en el capítulo Selección de tecnologías. No obstante, esta labor se expondrá más adelante.

Una vez concluida la etapa de investigación, se pasará a la etapa de implementación del traductor de formatos, objetivo principal del trabajo. Como todo proyecto software consta de etapas de análisis, diseño y desarrollo. Al completar estas fases se pasará a la implementación del prototipo y a la realización de las baterías de pruebas que se consideren oportunas para comprobar que la herramienta realiza las conversiones entre formatos correctamente.

En la fase final se hará un recorrido de todas las fases realizadas, se obtendrán conclusiones y se verificará que se han cumplido todos los objetivos del proyecto.

## **1.5. Estructura de la memoria**

El Capítulo 1, “*Introducción y objetivos*”, está orientado a proporcionar una idea general del contexto y motivación de la realización de este TFG.

El Capítulo 2, “*Planificación*”, detalla el modo en el que se ha organizado el proyecto en función de hitos, tareas, subtareas, asignación y control de tiempos.

El Capítulo 3, “*Utilización de modelos 3D en navegadores de Realidad Aumentada*”, detalla el resultado de la investigación realizada sobre los modelos 3D, herramientas de autoría, bibliotecas de modelos 3D y su uso en la AR, realizando un barrido general sobre los conceptos relevantes y exponiendo conclusiones.

El Capítulo 4, “*Selección de tecnologías*”, está orientado a proporcionar los resultados de la selección de tecnologías y herramientas que según varios criterios se consideran más adecuadas para incluir en escenarios educativos, detallando los pasos seguidos para la selección y las conclusiones finales.

El Capítulo 5, “*Análisis y de la herramienta*”, en este capítulo se incluyen los requisitos funcionales, la especificación de los casos de uso, el modelo de dominio y la documentación sobre la arquitectura empleada en el desarrollo del software.

El Capítulo 6, “*Implementación de la herramienta*”, en este capítulo se detalla los pasos seguidos para la implementación, las técnicas empleadas y los resultados de la misma.

El Capítulo 7, “*Validación de la herramienta*”, se presentan los resultados obtenidos en las pruebas realizadas.

El Capítulo 8, “*Conclusiones y futuras ampliaciones*”, se realiza una revisión global del trabajo realizando exponiendo los resultados personales obtenido tras la realización del proyecto y aportando nuevas ideas para posibles ampliaciones del trabajo.

El Capítulo 9, “*Referencias bibliográficas*”, refleja las fuentes consultadas para llevar a cabo el trabajo.

El Anexo I, “*Ejemplo diseño educativo*”, se presentará un escenario real en el que se expone el problema que pretende resolver este proyecto.

El Anexo II, “*Manual de instalación y usuario*”, detalla toda la información necesaria para la instalación y el manejo de la herramienta implementada.

## Capítulo 2

# Planificación



## 2. Planificación

### 2.1. Introducción

#### 2.1.1. Descripción global del proyecto

El presente TFG consiste en el estudio y la propuesta de soluciones para afrontar el problema de la variedad de formatos existente entre los editores y bibliotecas de modelos 3D y los navegadores de AR. Además se construirá un prototipo de traductor que afronte este problema, con el fin de que los modelos 3D puedan ser visualizados en los navegadores a través de un dispositivo móvil o tableta.

En este apartado se presenta la organización del proyecto en función de etapas, tareas, actividades, subtareas, hitos, entregas y control de tiempos.

#### 2.1.2. Entregas

En la *Tabla 1* se muestran las entregas que se han marcado a lo largo del desarrollo del proyecto con el fin de obtener retroalimentación por parte de los tutores y conseguir una evolución continua del trabajo.

Documento	Fecha esperada	Fecha real	Método
Anteproyecto	16-04-2012	16-04-2012	Correo electrónico
Documento análisis	29-04-2012	29-04-2012	Correo electrónico
Prototipo versión Alfa	07-08-2012	09-08-2012	Correo electrónico
Prototipo versión Beta	13-08-2012	15-08-2012	Correo electrónico
Documentación versión preliminar	24-08-2012	24-08-2012	Correo electrónico
Documentación versión final	02-09-2012	03-09-2012	Correo electrónico

*Tabla 1: Entregas del TFG*

### 2.1.3. Evolución del plan de proyecto software

En este apartado se detallan las diferentes versiones por las que ha pasado el TFG, desde su comienzo hasta su fin. Además se proporciona una descripción breve sobre el contenido de la versión.

Versión	Descripción de la versión	Fecha esperada	Fecha real
Inicial	Primer boceto sobre las especificaciones	29-04-2012	29-04-2012
Preliminar	Segundo boceto incorporando la revisión de la versión inicial	02-05-2012	10-05-2012
Final	Primera versión completada con las modificaciones oportunas	08-08-2012	10-08-2012
Primera revisión	Primera revisión de la versión	16-08-2012	17-08-2012
Segunda revisión	Segunda revisión de la versión	24-08-2012	24-08-2012
Tercera revisión	Revisión de todo el trabajo realizado	02-09-2012	02-09-2012

Tabla 2: Evolución del plan de proyecto software

## 2.2. Organización del modelo

### 2.2.1. Modelo del proyecto

Como se ha detallado en el capítulo 1, apartado metodología, el modelo de ciclo de vida utilizado para llevar a cabo este TFG es el modelo de espiral.

### 2.2.2. Fases del proyecto

En la **Tabla 3**, se puede ver la información sobre los diferentes hitos del proyecto en cada una de sus fases.

Hito	Fecha esperada	Fecha real
Planificación, origen y entrevistas	02-03-2012	02-03-2012
Documento de requisitos del sistema	13-04-2012	17-04-2012
Documento sobre la fase de análisis completa	29-04-2012	29-04-2012
Estudio de la arquitectura a utilizar	07-05-2012	08-05-2012
Documento sobre la arquitectura a utilizar	10-05-2012	16-05-2012
Documento sobre la interfaz del sistema	01-08-2012	01-08-2012
Documento sobre la fase de diseño completa	05-08-2012	06-08-2012
Documento de implementación de la primera versión del prototipo	07-08-2012	09-08-2012
Documento de pruebas inicial del prototipo	10-08-2012	12-08-2012
Documento de versión mejorada del prototipo	17-08-2012	18-08-2012
Documento de pruebas de la versión mejorada	20-08-2012	21-08-2012
Manual de instalación	23-08-2012	23-08-2012
Manual de ayuda para el usuario	24-08-2012	24-08-2012
Toda la documentación	29-04-2012	30-04-2012
Fin del proyecto	02-09-2012	02-09-2012

Tabla 3: Fases del TFG

## 2.3. Proceso de gestión

### 2.3.1. Prioridades y objetivos de gestión

Define la manera de planificar, secuenciar y controlar las actividades que conforman el proyecto, con el objetivo global de lograr una gestión eficaz y eficiente de los recursos.

En este apartado se trata de reflejar el cumplimiento de los objetivos y de las entregas propuestas en apartados anteriores, en la fecha aproximada que hemos estimado y realizados con la mayor calidad posible.

### **2.3.2. Gestión de riesgos**

En este apartado se tratarán aspectos relacionados con la planificación de la gestión de riesgos, la identificación y el análisis de riesgos, las respuestas a los riesgos y el seguimiento y control de los riesgos del proyecto.

#### **Identificación de riesgos**

1. Modificación en los objetivos finales del sistema.
2. Modificación en los requisitos del sistema.
3. Incompatibilidades con el cliente.
4. No cumplimiento de los objetivos finales del proyecto.
5. Dificultad en la comprensión de las herramientas utilizadas en el proyecto.
6. No cumplimiento de la planificación temporal realizada.
7. Cambio de disponibilidad de realización.
8. Documentación no realizada correctamente.
9. Batería de pruebas no realizada convenientemente.
10. Pérdida de información del proyecto debido a una mala gestión de las copias de seguridad.

#### **Estimación del riesgo**

En la **Tabla 4: Estimación del riesgo** se puede observar la probabilidad que tiene cada riesgo de producirse, el nivel de atención y la descripción del impacto que produciría el riesgo en caso de que se produjera.

Nº riesgo	Categoría	Nivel de impacto	Probabilidad	Nivel de atención	Descripción del impacto
1	Negocio	Catastrófico	Muy baja	Bajo	Revisión de todo el trabajo
2	Negocio	Catastrófico	Muy baja	Bajo	Revisión de todo el trabajo
3	Negocio	Catastrófico	Baja	Moderado	Ralentización del trabajo
4	Proyecto	Catastrófico	Baja	Alto	Volver a realizar la fase de análisis
5	Técnico	Crítico	Media	Alto	Ralentización del trabajo

6	Proyecto	Crítico	Alta	Bajo	Posibles retrasos en las entregas
7	Proyecto	Crítico	Baja	Bajo	Ralentización del trabajo
8	Técnico	Crítico	Media	Media	Falta de comprensión por parte del usuario sobre el proyecto, disminución de la calidad del proyecto
9	Técnico	Crítico	Media	Alto	Posibles fallos no detectados en el sistema
10	Proyecto	Catastrófico	Baja	Moderado	Pérdida de datos y ralentización del trabajo

Tabla 4: Estimación del riesgo

### Estrategias frente al riesgo

En el desarrollo de estrategias frente al riesgo se definen pasos de mejora para poder aprovechar oportunidades y dar respuesta a las amenazas. En este caso responderemos de una de las dos formas siguientes, asumiendo el riesgo o evitando el riesgo.

Nº riesgo	Estrategia	¿Plan de contingencia posible?
1	Asumirlo	No
2	Asumirlo	No
3	Evitarlo	Realizar entrevistas
4	Evitarlo	Revisión continua de los objetivos que se van logrando
5	Asumirlo	Realizar un estudio previo sobre la arquitectura utilizada
6	Evitarlo	Realizar una planificación ajustándose a la realidad

7	Asumirlo	Si
8	Evitarlo	No
9	Evitarlo	Realizar pruebas desde la primera versión de las aplicaciones
10	Evitarlo	Realizar copias de seguridad de cada fase del proyecto

Tabla 5: Estrategias frente al riesgo

## 2.4. Proceso técnico

### 2.4.1. Documentación sobre el software

En este apartado se enumera la documentación realizada y presentada referente a la parte de desarrollo software de la herramienta desarrollada en el presente TFG.

- Documentación de análisis y diseño
- Documentación sobre la arquitectura del sistema
- Documentación sobre la fase de implementación
- Manual de instalación
- Manual de ayuda para el usuario
- Documentación sobre las pruebas realizadas

## 2.5. Paquetes de trabajo y planificación temporal

### 2.5.1. Paquetes de trabajo

A continuación se expone el desglose de tareas que se han realizado a lo largo del desarrollo del proyecto con su correspondiente duración y los hitos que marcan las entregas de las etapas.

**Fecha comienzo del TFG:** 23 Febrero 2012

**Estudio del contexto, situación y conceptos básicos:** Comienzo 25 Febrero, Fin 01 Marzo.

**Anteproyecto:** Comienzo: 10 Marzo. Fecha de entrega: 16 Abril.

*Entrega Anteproyecto: 16 Abril.*

- Exposición del problema
- Objetivos del TFG
- Definición del alcance del proyecto
- Descripción técnica del TFG
- Plan de trabajo con estimación temporal de los diversos paquetes de trabajo
- Medios materiales necesarios
- Bibliografía consultada

***Selección de las tecnologías:*** 2 meses. Comienzo 02 Marzo, Fin 07 Mayo.

- El estudio y análisis de los diferentes formatos presentes en los modelos 3D y en los navegadores de AR.
- Estudio de navegadores existentes de AR y de sus formatos.
- Estudio de compatibilidad de formatos.
- Filtrado de formatos.
- Herramientas de autoría o edición de modelos 3D.
- Limitaciones de los formatos de los modelos.
- Estudio de la AR en el campo de la educación y selección de tecnologías más apropiadas para implantar en escenarios educativos donde el caso de estudio tiene aplicación.
- Estudio de la existencia de proceso o traductor que resuelva el problema de la variedad de formatos.
- Selección y justificación de formatos para el conversor. Estudio de google Sketchup.

***Análisis y diseño:*** Paralelizable con Selección de las tecnologías. Entrega: 29 Abril.

*Entrega documento análisis: 29 Abril.*

- Elicitación de requisitos.
- Comprensión del escenario a implementar.

***Implementación del prototipo:*** 20 días. Comienzo: 25 Julio, Fin: 12 Agosto.

*Entrega Prototipo e interfaz (versión alfa): 07 Agosto.*

*Entrega Prototipo e interfaz (versión beta): 12 Agosto.*

- Diseño e implementación del traductor de formatos. Versión alfa.
- Diseño e implementación del traductor de formatos. Versión beta.

***Evaluación del prototipo:*** Paralelizable con documentación, conclusiones y revisión del trabajo. 10 días. Comienzo 12 Agosto, Fin: 22 Agosto.

***Documentación, conclusiones y revisión del trabajo:*** 1 mes. Comienzo 12 Agosto, Fin 2 Septiembre.

*Entrega documentación versión 1: 23 Agosto.*

## *Transformación objetos 3D a formatos navegadores AR*

*Entrega documentación versión final: 2 Septiembre.*

- Realización de la documentación a entregar del trabajo.
- Conclusiones.
- Revisión de la documentación.
- Revisión de todo el trabajo.

**Entrega del TFG:** Septiembre 2012.

### **2.5.2. *Planificación temporal. Diagrama de Gantt***

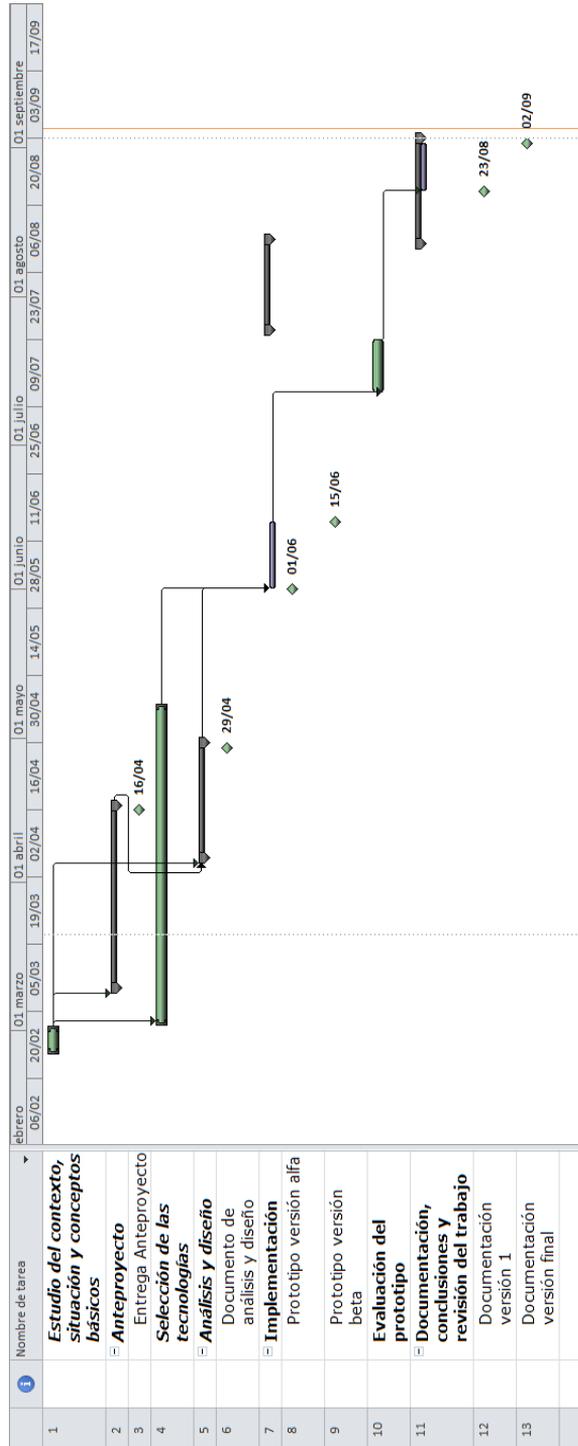


Figura 3: Diagrama de Gantt



## Capítulo 3

# Estudio de modelos 3D en navegadores de Realidad Aumentada



## 3. Utilización de modelos 3D en navegadores de Realidad Aumentada

En el presente capítulo se pretende dar una visión general del uso de los modelos 3D en los navegadores de AR. Para ello se realizará un análisis de los formatos de los modelos 3D, de las herramientas de autoría, de las bibliotecas de modelos 3D y de los navegadores de AR. En esta etapa se ha realizado un estudio exhaustivo de la técnica de estas herramientas. Cabe destacar que en este capítulo y el siguiente se encuentra el grueso de este TFG, ya que ha supuesto una labor de investigación que ha ocupado un porcentaje elevado de los recursos disponibles.

### 3.1. Modelos 3D

En su definición más amplia, el término 3D se refiere a cualquier objeto que se puede definir con los tres ejes del sistema de coordenadas cartesianas<sup>9</sup>. Como es obvio, un objeto es tridimensional si tiene tres dimensiones. Por lo tanto, cualquier representación de un objeto en el espacio digital es un objeto 3D. Si queremos proporcionar una definición más técnica, el modelado 3D es el proceso de desarrollar una representación matemática que describe un objeto tridimensional a través de un software especializado [4].

Desde una perspectiva visual un modelo 3D es una representación esquemática visible a través de un conjunto de objetos, elementos y propiedades que, una vez “renderizados”<sup>10</sup> se convertirán en una imagen 3D. Dicha representación de datos puede ser creada manualmente o mediante algoritmos (modelado procedural). La forma más común de encontrarse un modelo 3D es de manera virtual aunque una descripción en papel del modelo también puede ser considerada un modelo en tres dimensiones [5, 7].

En la actualidad, los modelos 3D se utilizan en una amplia variedad de campos. En el área de la medicina se han comenzado a utilizar modelos detallados sobre órganos del cuerpo humano para impartir clases teóricas. En la industria del cine se usan estos modelos como personajes y objetos animados y en el sector de la ciencia sirven para representar modelos detallados de compuestos químicos. Por otro lado, en la arquitectura y en la ingeniería se utilizan para mostrar edificios y paisajes o como diseño de nuevos dispositivos, vehículos o estructuras respectivamente [6].

En las siguientes figuras se pueden observar algunas de las aplicaciones de los modelos 3D en escenarios de diferentes disciplinas, como arquitectura (*Figura 4*), medicina (*Figura 5*), e ingeniería (*Figura 6*).

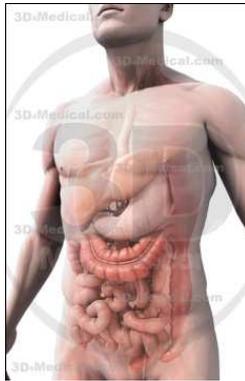
---

<sup>9</sup> Coordenadas ortogonales caracterizadas por la existencia de dos ejes perpendiculares entre sí que se cortan en un punto origen

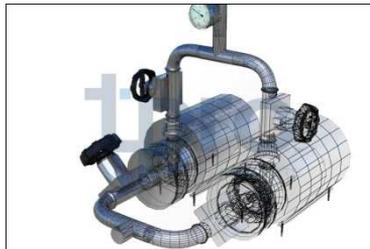
<sup>10</sup> Término de uso común en el dominio del diseño gráfico, que se refiere al proceso de generar una imagen desde un modelo



*Figura 4: Ejemplo modelo 3D usado en arquitectura*



*Figura 5: Ejemplo modelo 3D usado en medicina*



*Figura 6: Ejemplo modelo 3D usado en ingeniería*

Entrando en aspectos concretos de modelado 3D, es necesario definir conceptos como escena 3D que es el archivo que contiene toda la información necesaria para identificar y posicionar todos los modelos, luces y cámaras para su renderización.

Cuando se modela un objeto 3D, su superficie queda por defecto de un color uniforme y liso. Con los materiales y texturas se hace que el modelo adquiera realismo [8].

En el lenguaje de los gráficos en 3D, un modelo es un archivo que contiene la información necesaria para ver o “renderizar” un objeto en 3 dimensiones. Este archivo contiene dos tipos de información:

1. La geometría -forma- del objeto
2. Los atributos de la superficie del objeto, o sea, la información que permite que el objeto esté correctamente coloreado de modo que aparente estar hecho de un determinado material.

Para el ordenador, la información de la geometría del modelo define las superficies del objeto como una lista de polígonos planos que comparten lados y vértices. El modelo por tanto describe una malla (*mesh* en inglés).

Cuando se modela un objeto 3D, hay que tener en cuenta que si el modelo no comparte lados y vértices comunes, habrá roturas en el mismo, y se perderá la sensación de continuidad en su superficie

Haciendo referencia a lo anterior, es importante tener en cuenta que los modelos 3D poseen en primer lugar una geometría y en segundo lugar unos atributos que proporcionan al modelo el realismo deseado. Además los modelos 3D pueden estar representados en diferentes formatos. Algunos de estos formatos se listan a continuación:

3D Studio Max (.max, .3ds), AC3D (.AC), Apple 3DMF (.3dm / .3dmf), Autocad (.dwg), Blender (.blend), Caligari Object (.cob), Collada (.dae), Dassault (.3dxml), DEC Object File Format (.off), DirectX 3D Model (.x), Drawing Interchange Format (.dxf), DXF Extensible 3D (.x3d), Form-Z (.fmz), GameExchange2-Mirai (.gof), Google Earth (.kml / .kmz), HOOPS HSF (.hsf), LightWave (.lwo / .lws), Lightwave Motion (.mot), MicroStation (.dgn), Nendo (.ndo), OBJ (.obj), Okino Transfer File Format (.bdf), OpenFlight (.flt), Openinventor (.iv), Pro Engineer (.slp), Radiosity (.radio), Raw Faces (.raw), RenderWare Object (.rwx), Revit (.rvt), Sketchup (.skp), Softimage XSI (.xsi), Stanford PLY (.ply), STEP (.stp), Stereo Litography (.stl), Strata StudioPro (.vis), TrueSpace (.cob), trueSpace (.cob, .scn), Universal (.u3d), VectorWorks (.mcd), VideoScape (.obj), Viewpoint (.vet), VRML (.wrl), Wavefront (.obj), Wings 3D (.wings), X3D Extensible 3D (.x3d), Xfig Export (.fig).

Cada formato tiene sus peculiaridades y características propias. En este capítulo no se va a profundizar en cada una de ellas ya que queda fuera del alcance del proyecto<sup>11</sup>.

Por otro lado, existen aplicaciones de modelado 3D, que permiten una fácil creación y modificación de objetos en tres dimensiones. Estas herramientas suelen tener objetos básicos poligonales (esferas, triángulos, cuadrados, etc.) para ir formando el modelo. En los siguientes apartados se puede obtener más información sobre la manera de obtener modelos 3D, a través de editores o de bibliotecas de modelos 3D para su posterior visualización en navegadores AR.

---

<sup>11</sup> Puede consultarse información relacionada en [http://edutechwiki.unige.ch/en/3D\\_file\\_format](http://edutechwiki.unige.ch/en/3D_file_format), última visita 03/09/2012

## **3.2. Herramientas autoría de modelos 3D**

Una herramienta de autoría de modelos 3D consiste en un programa informático dedicado al modelado, animación y creación de gráficos tridimensionales. Dichas herramientas permiten el modelado tridimensional y ofrecen la posibilidad de trabajar con modelos 3D creados por el usuario.

Al investigar sobre las herramientas de autoría existentes para crear modelos 3D, se han encontrado alrededor de 25 opciones diferentes de modelado. Cada herramienta tiene unas características propias que la hacen diferente a las demás. Algunas de estas características son por ejemplo, si se trata de una herramienta gratuita o de pago, los sistemas operativos que soporta, los formatos que importa y exporta, etc.

Con el fin de mostrar una descripción detalla sobre estas herramientas se ha hecho un barrido general sobre algunas de ellas. En la *Tabla 6* se puede observar de manera gráfica las características de dichas herramientas. En concreto, se proporcionan datos sobre la última versión, la compañía por la que ha sido desarrollada, los sistemas operativos que soporta, los formatos que acepta, la licencia que posee y el coste.

Aplicación	Última versión	Desarrollado por	Plataformas	Formatos	Licencia	Coste
SketchUp	2010-09 v 8.0	Google	Mac OS X, Microsoft Windows	.skp, .dae, .kmz	Propiedad	Gratuita
SketchUp Pro	2010-09 v 8.0	Google	Mac OS X, Microsoft Windows	.skp, .dae, .kmz, .3ds, .dwg, .dxf, .fbx, .obj, .wrl, .xsi	Propiedad	495\$
Blender	2012 v 2.62	Blender Foundation	Microsoft Windows, Mac OS X, Linux, BSD, Solaris	.blend, .dae, .ply, .stl, .3ds, .fbx, .obj, .x3d, .md2 (con plugin) .aro (con plugin)	GPL 2+	Gratuita
3D-Max	2012	Autodesk	Microsoft Windows	FBX, 3DS, AI, ASE, ATR, BLK, DAE, DF, DWG, DXF, FLT, HTR, IGS, LAY, LP, M3G, OBJ, SAT, STL, VW, WRL	Propiedad	3495 \$
Maya	2010	Autodesk	Microsoft Windows, MAC OS, LINUX	3DS, BYU, JVX, LWO, OBJ, OFF, POV, RIB, STL, X3D	Propiedad	3495 \$
AC3D	2010-09-10 v 6.7	Inivis	Linux, Mac OS X, Microsoft Windows	FBX, 3DS, AI, ASE, ATR, BLK, DAE, DF, DWG, DXF, FLT, HTR, IGS, LAY, LP, M3G, OBJ, SAT, STL, VW, WRL	Propiedad	79.95 \$
Atlantis Render	2011-06-14 v 3.0.6	Abvent	Mac OS X, Microsoft Windows	BMP, JPG, PICT, PNG, Multi-layer PSD, TGA, TIFF. 3DS, AOF, ATL, DWF, FBX, OBJ, EPX, SKP, U3D	Propiedad	775 \$
Atlantis Studio	2011-06-	Abvent	Mac OS X, Microsoft	BMP, JPG, PICT, PNG,	Propiedad	1395 \$

	14 v 3.0.6		Windows	PSD, TGA, TIFF, MOV, JPG, TGA,3DS, AOF, ATL, ATL, DWF, FBX, OBJ, EP X, SKP.		
Cinema 4D	2012-07- 12 R13.061	MAXON	Linux, Mac OS X, Microsoft Windows,	FBX, OBJ, 3DS, QD3D, STL, W3D, VRML 1 , VRML 2, DXF	Propiedad	995 \$
Cobalt	2009-12- 11 v8 SP2r3	Ashlar-Vellum	Mac OS X, Microsoft Windows	ACIS SAT, AI, ASCII Text, BMP, CATIA v4, CGM, CO (native), DWG/DXF, Facet, GIF, IGS (IGES), JPEG, XT, PDF, PICT, PNG, PPM, Pro/E, Shockwave 3D,STP, VRML, XBM, XPM	Propiedad	2995 \$
Electric Image Animation System	2009-05 v8.0.	EIAS3D	Mac OS X, Microsoft Windows	PNG, BMP, AVI and Quicktime GIF, TIFF, MOV,3D, DXF, OBJ, LWO	Propiedad	895 \$
Lightwave 3D	2012 v 11.0	NewTek	Mac OS X, Microsoft Windows	TGA, JPG, PNG, BMP, HDR, IFF, AVI, GIF, TIFF, PSD, MOV,3DS, COLLADA, FBX, DXF, OBJ, LWO, MD2, VRML, VRML97	Propiedad	1495 \$
Metasequoia	2011-05 2.4.13	O. Mizno	Microsoft Windows	3DS, COB, DirectX, DXF, LWO, OBJ, POV-Ray, RDS, RIB, ROK, RSD, SCE, SUF, VRML	Propiedad	45 \$
Modo	2012-04- 30	Luxology	Mac OS X, Microsoft	LXO, LWO, X3D, DXF, FBX, PLT, PSD, GEO, OBJ, DAE, FLX, TGA, BMP, GIF, HDR, JP2, JPG,	Propiedad	1195 \$

	v 601 SP1		Windows	JPEG, PNG, TIF, openEXR, MOV, MWV		
Remo 3D	2012 v 2.2	Remograph	Microsoft Windows, Linux	3DS, DAE, DOT, OBJ, OSG, OSGB, OSGT, OSGX, IVE, P3D, IVE, STL	Propiedad	1900 \$
Shade	2011-03- 08 v 12.02	Mirye Software	Mac OS X, Microsoft Windows	COLLADA, DXF, OBJ, RIB, SWF, QuickTime VR, Second Life Sculpted Prim, XML, 3DS, EPix, LWO	Propiedad	\$99 Basic, \$349 Standard, \$749 Profession al
Solid Edge	2009-06	Siemens PLM Software	Microsoft Windows	IGES, STEP, STL, PDF, EMS, JT, XGL, XML, DXF, Parasolid, CATIA (V4/V5), ACIS (SAT), Microstation, Autocad	Propiedad	2195 \$
Meshlab	2012 v1.3.2	Visual Computing Lab	Windows, MacOSX y Linux	PLY, STL, OFF, OBJ, 3DS, COLLADA, VRML, DXF, GTS, U3D, IDTF, X3D	Propiedad	Gratuita
Reconstructme	2012	PROFACTOR GmbH	Microsoft Windows	.STL, .OBJ, .PLY, .3DS, .OSG	Propiedad	Gratuita

Tabla 6: Revisión herramientas autoría modelos 3D

### 3.3. Bibliotecas de modelos 3D

Una biblioteca de modelos 3D consiste en un repositorio online en el que se pueden encontrar modelos en tres dimensiones compatibles con diferentes herramientas de visualización de los mismos. A través de estas bibliotecas se pueden encontrar modelos ya creados y obtenerlos de manera sencilla descargando simplemente el modelo seleccionado.

En este apartado se van a mostrar algunas de las bibliotecas encontradas que disponen de modelos 3D con el fin de proporcionar al usuario una forma de obtener modelos ya existentes y reutilizarlos para la realización de diseños educativos que incluyan modelos en tres dimensiones [10].

- 3DwareHouse<sup>12</sup>: es el repositorio online de modelos 3D de Google SketchUp. Los usuarios pueden descargar modelos y abrirlos en programas como Google SketchUp o Google Earth. También permite la opción de publicar modelos 3D propios y compartirlos con otros usuarios. Dispone de tutoriales para aquellos usuarios inexpertos que desean crear sus propios modelos en tres dimensiones.
- Blender 3D model repository<sup>13</sup>: se trata de un repositorio online creado con el fin de proporcionar modelos que sean visibles a través de la herramienta de modelado 3D Blender.
- Blendswap<sup>14</sup>: es un repositorio de código abierto sobre modelos tridimensionales que permite compartir modelos creados con otros usuarios.
- Thingiverse<sup>15</sup>: es un sitio web dedicado a la distribución de archivos digitales creados por los usuarios. Proporciona principalmente recursos de código abierto con licencia GNU. En este repositorio se pueden encontrar gran cantidad de modelos 3D imprimibles.
- 3dcontentcentral<sup>16</sup>: es un servicio gratuito para ubicar, configurar, descargar y solicitar piezas y ensamblajes en 2D y 3D, bloques en 2D, operaciones de biblioteca y macros.
- Tracepartsonline<sup>17</sup>: Ofrece modelos 3D organizados según la temática que representan.

---

<sup>12</sup> <http://sketchup.google.com/3dwarehouse/>, última visita 04/09/2012

<sup>13</sup> <http://www.blendernation.com/2006/02/18/the-blender-3d-model-repository/>, última visita 04/09/2012

<sup>14</sup> <http://www.blendswap.com/>, última visita 04/09/2012

<sup>15</sup> <http://www.thingiverse.com/>, última visita 04/09/2012

<sup>16</sup> <http://www.3dcontentcentral.es/default.aspx>, última visita 04/09/2012

<sup>17</sup> [http://www.tracepartsonline.net/\(S\(hss4qkucwq5dwo3iryk0z1bo\)\)/content.aspx](http://www.tracepartsonline.net/(S(hss4qkucwq5dwo3iryk0z1bo))/content.aspx), última visita 04/09/2012

- Trinckle<sup>18</sup>: es uno de los repositorios de modelos 3D más reciente, en él se pueden encontrar modelos en formatos .PLY .STL y .3DS.
- Opengameart<sup>19</sup>: permite descargar y compartir modelos 3D con otros usuarios.
- The3dStudio<sup>20</sup>: es el sitio online más antiguo de recursos en 2D y 3D. La biblioteca consta de una colección de modelos compatibles con herramientas de modelado 3D como Autodesk 3ds Max, Photoshop, Cinema 4D, Lightwave, Maya, Blender, entre otros.
- Artist-3D<sup>21</sup>: se trata de un repositorio online de modelos 3D de pago, posee algunos modelos gratuitos de uso para la educación.
- 
- Exchange3D<sup>22</sup>: es un almacén en línea donde los artistas, modeladores 3D, artistas de la animación y los profesionales de CAD pueden comprar y vender modelos 3D de valores y otros materiales digitales utilizadas en el modelado 3D, CAD y animación.
- 
- TurboSquid<sup>23</sup>: es una compañía de suministro de medios digitales con sede en Nueva Orleans, Louisiana y Estados Unidos. La empresa vende los modelos 3D por encargo a una variedad de industrias, incluyendo videojuegos o arquitectura, entre otras. A partir de 2011, había más de 225.000 modelos 3D en la biblioteca TurboSquid, lo que hace que sea la mayor biblioteca de modelos 3D para la venta en el mundo.
- DAZ 3D<sup>24</sup>: repositorio web que precisa de identificación de usuarios. Se trata de una herramienta de pago, posee algunos modelos libres para DAZ Studio.
- The Stanford 3D Scanning Repository<sup>25</sup>: repositorio de modelos para Blender, en concreto consta de modelos en formato .ply.

---

<sup>18</sup> <http://www.trinckle.com/index.php>, última visita 04/09/2012

<sup>19</sup> <http://opengameart.org/>, última visita 04/09/2012

<sup>20</sup> <http://www.the3dstudio.com/>, última visita 04/09/2012

<sup>21</sup> <http://artist-3d.com/>, última visita 04/09/2012

<sup>22</sup> <http://www.exchange3d.com/>, última visita 04/09/2012

<sup>23</sup> <http://www.turbosquid.com/>, última visita 04/09/2012

<sup>24</sup> <http://www.daz3d.com/>, última visita 04/09/2012

<sup>25</sup> <http://graphics.stanford.edu/data/3Dscanrep/>, última visita 04/09/2012

### 3.4. Navegadores Realidad Aumentada

Los navegadores de AR son un tipo de software que combina categorías, capas de información y otros elementos virtuales que se superponen sobre la realidad permitiendo al usuario interactuar con ellos.

Los navegadores de AR utilizan como soporte dispositivos móviles o tabletas para mostrar información a través de una vista de la cámara del dispositivo. La aplicación calcula la posición del usuario en base a sus coordenadas, la brújula digital y el acelerómetro y accede a distintas bases de datos desde las que descarga información geográfica y otros datos de diversos puntos de interés [11].

En la *Figura 7*, se muestran los elementos que suelen ser comunes en los navegadores de AR.

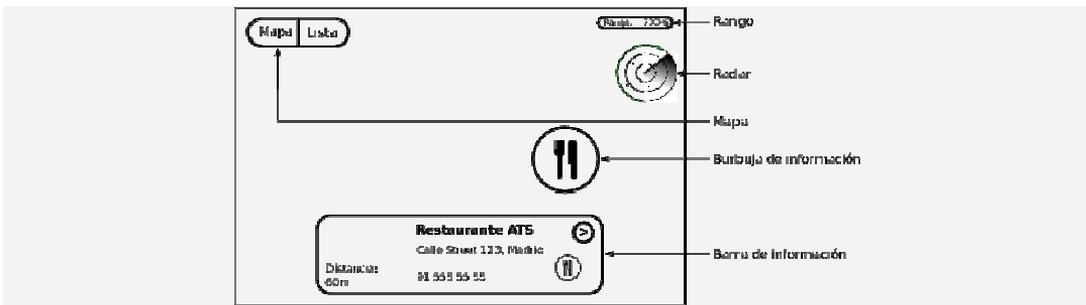


Figura 7: Elementos navegador AR

El radar muestra la posición de los puntos cercanos donde se encuentra el usuario. Los puntos de interés se muestran sobre la pantalla mediante las burbujas de información, que normalmente contienen un icono descriptivo para que sea reconocido rápidamente (en esquema se muestra el ejemplo de un restaurante y aparece reflejado mediante un símbolo fácilmente reconocible). Cuando el usuario pulsa sobre las burbujas de información despliega la barra de información que contiene datos adicionales sobre el punto (en el ejemplo aparece el nombre del restaurante, su dirección, teléfono y distancia). El componente rango indica el radio alrededor del usuario en la que se buscan puntos. Normalmente es un parámetro configurable, aunque a menudo no es interesante que sea demasiado grande. El elemento mapa permite pasar al modo de vista de mapa, que sitúa los puntos detectados sobre un mapa y en ocasiones da indicaciones para llegar hasta ellos. El elemento lista hace lo mismo, pero en forma de lista de elementos.

A continuación se va a exponer un resumen sobre algunos de los navegadores de AR usados en la actualidad [12].

- [Wikitude](#)  : es el primer navegador de realidad aumentada para teléfonos inteligentes desde su lanzamiento en 2008. Es desarrollado por la empresa austriaca

Mobilizy. Se utiliza principalmente como guía de viajes que proporciona a los usuarios información geográfica, descripciones, historia e información de contacto acerca de restaurantes, edificios o lugares históricos. Este navegador dispone de una versión online y un sdk<sup>26</sup> (del inglés *software development kit*). A través del sdk se permite la creación de modelos 3D, es decir, permite generar contenido en tres dimensiones. El formato que soporta este navegador es .obj. A través de la versión online **no se soportan** modelos 3D.

- Layar  : es un navegador de realidad aumentada para teléfonos inteligentes creado y mantenido por la compañía holandesa SPRXMobile desde 2009. Los datos que muestra están organizados en diferentes capas provenientes de servicios web REST<sup>27</sup> (del inglés *Representational State Transfer*) que contienen puntos de interés cercanos geolocalizados. Estas capas son desarrolladas por terceros utilizando la API pública de Layar. Actualmente, existen más de mil capas disponibles y validadas para la aplicación. El formato que acepta este navegador es un formato propio con extensión .L3D. Layar proporciona una herramienta denominada Layar 3D model converter<sup>28</sup> que permite convertir modelos en formato Wavefront (.obj/.mtl) a formato Layar 3D (.L3D).
- Mixare<sup>29</sup>  : (del inglés *mix Augmented Reality Engine*) es un navegador de realidad aumentada para Android e iOS desarrollado por Peer Internet Solutions y licenciado como GNU GPL v3<sup>30</sup>.  
Mixare puede funcionar en los siguientes modos:
  - Independiente. Como aplicación que muestra puntos de interés obtenidos de Wikipedia.
  - Invocado desde un enlace HTML. Utiliza los puntos que se le indiquen desde el enlace.
  - Invocado desde otra aplicación.Este navegador **no** admite modelos 3D.
- Junaio  : es un navegador de AR que fue diseñado para dispositivos móviles con tecnología 3G<sup>31</sup> y 4G<sup>32</sup>. Fue desarrollado por la compañía Metaio con sede en

---

<sup>26</sup> Conjunto de herramientas de desarrollo software de que permite la creación de aplicaciones para un determinado paquete de software o plataforma

<sup>27</sup> Técnica de arquitectura software distribuidos como la World Wide Web que se usa para describir cualquier interfaz web simple que utiliza HTTP

<sup>28</sup> <http://layar.pbworks.com/w/page/32586555/3D%20Model%20Converter>, última visita 02/09/2012

<sup>29</sup> <http://www.mixare.org/>, última visita 22/06/2012

<sup>30</sup> Licencia creada por la Free Software Foundation y orientada principalmente a proteger la libre distribución, modificación y uso de software. Su propósito es declarar que el software cubierto por esta licencia es software libre y protegerlo de intentos de apropiación que restrinjan esas libertades a los usuarios

- Munich. Proporciona un API para que los desarrolladores y proveedores de contenidos móviles puedan contenido AR para otros usuarios. Actualmente, está disponible para las plataformas iPhone y Android.

Junaio es el primer navegador de realidad aumentada que ha superado las limitaciones de precisión de navegación GPS a través de marcadores LLA (latitud, longitud, altitud).

Los formatos que acepta son .md2 y .obj.

- Aurasma<sup>33</sup> : es un navegador AR para dispositivos móviles desarrollado por la compañía Autonomy. Aurasma es la primera aplicación de AR que reacciona a los gestos humanos. A diferencia de otras aplicaciones de AR, analiza e interpreta la imagen que tiene delante, crea una huella digital y es capaz de superponer un vídeo en movimiento sobre la escena real. Esto permite que, por ejemplo, las imágenes virtuales aparezcan por detrás de las reales e incluso que al intentar tocarlas, éstas reaccionen. La aplicación está disponible para iPhone, iPad y Android. El formato que soporta para modelos 3D es el formato Collada (.dae).
- Popcode<sup>34</sup> : es un navegador AR que ha proporcionado un giro diferente en la interfaz móvil de AR y de cómo nos relacionamos con los objetos del mundo real. Ha sido desarrollado por la compañía británica Reality Ltd. Disponible por el momento para Android, la aplicación permite generar contenido AR mediante la exploración de los códigos únicos de Popcode. Los códigos están formados por una serie de puntos y guiones colocados por encima y por debajo del logo tipográfico Popcode. Al analizar este indicador, la aplicación se descarga los archivos necesarios para cargar el contenido 3D basado en el seguimiento de un marcador situado en el mundo real. El formato que soporta es .ARO. Dentro de Popcode existe un plugin que se puede descargar para el editor Blender que permite realizar transformaciones a formato .ARO.
- Zappar<sup>35</sup> : navegador AR que sustituye a Popcode en una versión más comercial. Está disponible para iPhone y Android y permite generar contenido AR, pero no permite crear capas por lo que no soporta modelos 3D.
- Kharmā<sup>36</sup> : es una plataforma abierta de AR que permite a los usuarios crear contenido con herramientas modernas de desarrollo web como HTML y JavaScript. Este

---

<sup>31</sup> Abreviación de tercera generación de transmisión de voz y datos a través de telefonía móvil mediante UMTS (servicio universal de telecomunicaciones móviles, del inglés *Universal Mobile Telecommunications System* )

<sup>32</sup> Siglas utilizadas para referirse a la cuarta generación de tecnologías de telefonía móvil. Es el sucesor de las tecnologías 2G y 3G y está basada completamente en el protocolo IP

<sup>33</sup> <http://www.aurasma.com/>, última visita 08/08/2012

<sup>34</sup> <http://docs.popcode.info/0.8.5/html/frameset.htm>, última visita 30/05/2012

<sup>35</sup> <http://www.zappar.com/>, última visita 03/06/2012

enfoque permite el despliegue de casi cualquier tecnología basada en la web, dando como resultado experiencias AR mucho más ricas. Esta plataforma permite a los desarrolladores crear y alojar contenido utilizando una versión ampliada del lenguaje de GoogleEarth en servidores estándar HTTP. Se crea una arquitectura para la interoperabilidad entre los contenidos proporcionados por múltiples fuentes. La plataforma está construida sobre diferentes tecnologías: canal de servidores, servidores de infraestructura y servidores de geoposicionamiento.

Los formatos que soporta son .kml y .dae.

- Ar-media<sup>37</sup>  : AR-media es un plugin, a través del cual los usuarios pueden visualizar sus modelos 3D combinando AR directamente en el espacio físico real. A través de este plugin, los modelos 3D creados con Google SketchUp pueden visualizarse directamente en el escritorio de los usuarios, mediante la conexión de una cámara web y la impresión de un código adecuado.

Mediante la función de exportación, los usuarios pueden crear y publicar archivos de AR propios. Los archivos creados con esta función se puede visualizar en cualquier ordenador con reproductor de AR-media, sin necesidad de disponer de Google SketchUp y el plugin instalado. Ahora los usuarios pueden crear sus propios modelos de SketchUp de AR y distribuirlos como archivos independientes. Por lo tanto, para concluir decir que es un navegador AR que permite visualizar únicamente modelos 3D a través de marcadores situados en el mundo real. A través del plugin que se instala en el ordenador se pueden visualizar modelos creados por Google SketchUp. Los formatos que soporta son los de Google SketchUp.

- Ezflar<sup>38</sup>  : se trata de un navegador de AR que soporta modelos 3D que ofrece la posibilidad de obtener modelos a través de la web, lo cual permite trabajar con AR en un ordenador de escritorio, solamente con navegador web y un plugin de flash. Los formatos que acepta son .dae, .md2.

---

<sup>36</sup> <https://research.cc.gatech.edu/polaris/>, última visita 04/06/2012

<sup>37</sup> [http://www.inglobetechnologies.com/en/new\\_products/arplugin\\_su/info.php](http://www.inglobetechnologies.com/en/new_products/arplugin_su/info.php), última visita 06/06/2012

<sup>38</sup> [http://www.ezflar.com/home/show\\_home](http://www.ezflar.com/home/show_home), última visita 08/06/2012

### **3.5. Traductores existentes**

Al realizar el trabajo de investigación y con el objetivo de encontrar herramientas o traductores que conformen una solución al problema que pretendemos resolver en este TFG, se han encontrado algunos traductores que realizan transformaciones de un número limitado de formatos. Algunas de estas herramientas son:

- Google SketchUp Pro<sup>39</sup>
- 3D Object Converter<sup>40</sup>
- Meshlab<sup>41</sup>
- Transmagic<sup>42</sup>
- Meshconv<sup>43</sup>

Ninguna de estas herramientas consigue resolver el problema que se persigue en este trabajo, disponer de un traductor que consiga convertir de manera automática un número elevado de formatos proporcionados por los editores y bibliotecas 3D a los formatos aceptados por los navegadores AR.

En este punto cabe destacar la existencia de un TFM realizado por un estudiante de la Universidad de Manchester, que aunque no resuelve exactamente el problema que se persigue en este trabajo, proporciona una aproximación al caso. En este trabajo se ofrece una herramienta, que permite cargar modelos 3D en formatos de Google SketchUp en su versión 7. Dichos modelos los transforma para que sean visibles a través del navegador AR Junaio. El resultado que se proporciona no es el propio modelo transformado, sino que el modelo resultante lo carga en un canal de Junaio, forma de trabajar con este navegador, los modelos se cargan en diferentes canales para que luego sean visibles por los usuarios. En este caso, se indica la ubicación y a través de esta herramienta y de Junaio se puede visualizar el modelo deseado. El servicio ya no funciona y se trata de una traducción uno a uno y en una sola capa, pero sería una primera aproximación a lo que se pretende conseguir en este TFG.

---

<sup>39</sup> <http://sketchup.google.es/intl/es/download/>, última visita 04/09/2012

<sup>40</sup> <http://web.axelero.hu/karpo/>, última visita 04/09/2012

<sup>41</sup> <http://meshlab.sourceforge.net/>, última visita 04/09/2012

<sup>42</sup> <http://www.transmagic.com/>, última visita 04/09/2012

<sup>43</sup> <http://www.cs.princeton.edu/~min/meshconv/>, última visita 04/09/2012

## Capítulo 4

# Selección de tecnologías



## 4. Selección de tecnologías

En este capítulo se va a mostrar una selección de las tecnologías detalladas en el capítulo anterior. Para llevar a cabo dicha selección se van a exponer una serie de criterios que van a servir como base para el filtrado de herramientas aptas para escenarios educativos.

### 4.1. Criterios de selección

Los criterios usados para la elección de las herramientas que se consideran más adecuadas para incluir en escenarios educativos son los siguientes:

- Herramienta gratuita o de pago: este es el primer criterio de selección de herramientas. Se considera importante ya que en la educación se cuenta en muchas ocasiones con presupuestos reducidos. Uno de los retos que persiguen los docentes es crear nuevas actividades educativas que se separen de los métodos tradicionales. Esto se puede conseguir mediante el uso de las tecnologías actuales. Una de estas tecnologías podría ser la combinación de AR y modelos 3D. Si los recursos que se proporcionan a los educadores constituyen un coste adicional, podrían dejarse de lado estas prácticas. Por lo tanto, en este TFG se ha decidido optar por herramientas totalmente gratuitas.
- Número de entradas en Google: con este criterio se quiere referenciar a la facilidad a la hora de encontrar la herramienta. A través del número de entradas en el buscador, se pueden obtener datos estimativos sobre el uso que puede tener la herramienta. Si el número de entradas es elevado se considera que es una herramienta usada por la comunidad y de fácil acceso. Se quieren proporcionar al docente recursos que sean accesibles y que el hecho de incluir estas herramientas como sus propias herramientas de trabajo no suponga una barrera añadida.
- Comunidad activa de usuarios: con este criterio se pretende comprobar si existe una comunidad de usuarios que maneje la herramienta. Es importante dotar al profesor de herramientas útiles y no recomendar tecnologías obsoletas y de difícil acceso. A través de búsquedas en la web, se puede comprobar si existen foros de consulta sobre la herramienta lo cual conformaría un índice de movimiento de la comunidad en torno a la herramienta. Es importante que exista una comunidad activa de usuarios, para que en caso de que sea necesario, el docente pueda compartir sus dudas o aportaciones con otros usuarios. De esta manera, la labor realizada resulta más enriquecedora.
- Mantenimiento de la herramienta: es importante contar con un soporte de cara a posibles problemas que puedan surgir con el uso de la herramienta. Si se cuenta con un mantenimiento conocido, se entiende que existe un respaldo de cara a posibles obstáculos que puedan surgir. Además si existe un mantenimiento de la herramienta se puede tener acceso a las nuevas versiones que puedan surgir del producto.

## 4.2. Tecnologías y herramientas seleccionadas

Aplicando los criterios enunciados en los párrafos anteriores, se procede a exponer las tecnologías resultantes:

Respecto a las herramientas de autoría de modelos 3D, la aplicación de los criterios citados anteriormente reduce bastante las posibilidades. Como se puede ver en la **Tabla 6** la mayoría de las herramientas estudiadas son herramientas de pago, por lo tanto las herramientas que cumplen con estos requisitos son:

Google SketchUp: es una herramienta gratuita, el número de entradas en Google es de aproximadamente 40.700.000 resultados (fecha de consulta Julio 2012) y se conocen foros tanto de desarrollo como de consulta que hacen ver que la herramienta cuenta con mantenimiento y una comunidad activa de usuarios.

Blender: es una herramienta gratuita, el número de entradas en Google es de aproximadamente 88.000.000 resultados (fecha de consulta Julio 2012) y se conocen foros tanto de desarrollo como de consulta que hacen ver que la herramienta cuenta con mantenimiento y una comunidad activa de usuarios.

Meshlab: editor de modelos 3D gratuito, el número de entradas en Google es de 334.000 resultados y se puede afirmar que posee una comunidad activa de usuarios al encontrar varios hilos en el foro de los grupos de Google.

Reconstructme: herramienta gratuita que permite escanear objetos y generar automáticamente modelos 3D de los mismos. El número de entradas en Google es de 55.100 resultados (fecha de consulta Julio 2012). Se trata de una herramienta muy nueva y se han encontrado varios hilos de mensajes en los grupos de Google por lo que se puede afirmar que es una herramienta que está teniendo mucho impacto.

Al aplicar los criterios de selección sobre las bibliotecas de modelos 3D, los resultados obtenidos son los que se muestran a continuación. Para determinar la selección de estas herramientas se ha tenido en cuenta otro criterio adicional, las bibliotecas seleccionadas deben constar de un número aceptable de modelos 3D (>50.000).

Biblioteca	Gratuita	Nº entradas Google	Comunidad activa usuarios	Nº elevado de modelos 3D
<a href="#">3DwareHouse</a>	Si	185.000.000	Si	Si
<a href="#">Blender 3D model repository</a>	Si	280.000	Si	Si
<a href="#">Blendswap</a>	Si	33.000	Si	No
<a href="#">Thingiverse</a>	Si	844.000	Si	Si
<a href="#">3dcontentcentral</a>	Si	358.000	Si	Si
<a href="#">Tracepartsonline</a>	Si	1.690.000	Si	Si
<a href="#">Trinkle</a>	Si	751.000	Si	No
<a href="#">Opengameart</a>	Si	110.000	Si	No
<a href="#">The3dStudio</a>	No	1.280.000	Si	Si

Artist-3D	No	356.000.000	Si	Si
Exchange3D	No	2.460.000	Si	Si
TurboSquid	No	3.740.000	No	Si
DAZ 3D	No	3.660.000	No	No
The Stanford 3D Scanning Repository	Si	24.000	Si	No

Tabla 7: Bibliotecas modelos 3D seleccionadas

Como se puede observar en la **Tabla 7** las bibliotecas de modelos 3D que cumplen con todos los criterios de selección son: 3D WareHouse, Blender 3D model repository, Thingiverse, 3dcontentcentral, Tracepartsonline.

Tras aplicar los criterios de selección a los navegadores AR y añadiendo nuevos criterios como el soporte de modelos 3D que es obviamente la principal característica a cumplir, los resultados son los siguientes.

Navegador	Gratuita	Nº entradas Google	Comunidad activa usuarios	Soporte modelos 3D
Wikitude	Si	1.070.000	Si	Si
Layar	Si	39.900.000	Si	Si
Mixare	Si	880.000	Si	No
Junaio	Si	82.600	Si	Si
Aurasma	Si	124.000	Si	Si
Popcode	Si	101.000	No (obsoleta)	Si
Zappar	No (comercial)	138.000	Si	No
Kharma	Si	82.300	Si	Si
AR-media	Si	131.000.000	Si	Si
Ezflar	Si	12.200	No	Si

Tabla 8: Navegadores AR seleccionados

Como se puede observar en la **Tabla 8**, los navegadores que cumplen con todos los criterios de selección son: Wikitude, Layar, Junaio, Kharma, Ar-media. En el caso de Ezflar no se ha encontrado excesiva información actual sobre el proyecto, el cual parece algo abandonado, pero se ha seleccionado ya que resulta interesante debido a las opciones que ofrece sobre visualización de modelos 3D a través de ordenador y un simple navegador web sin necesidad de un cliente especial.

### ***4.3. Conclusiones de la selección de tecnologías***

Después de realizar el estudio y la selección de las herramientas de autoría, bibliotecas de modelos 3D y navegadores AR, se puede concluir que las herramientas seleccionadas son las que se listan a continuación:

Herramientas de autoría: Google SketchUp

Blender

Meshlab

Reconstructme

Bibliotecas modelos 3D: 3dwarehouse

Blender 3D model repository

Thingiverse

3dcontentcentral

Tracepartsonline

Navegadores AR:

Wikitude

Layar

Junaio

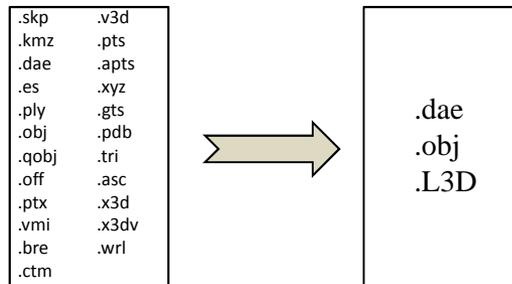
Aurasma

Kharna

AR-media

Ezflar

Al contemplar las herramientas citadas anteriormente se cubre un amplio rango de formatos a convertir. En concreto, los formatos que acepta el traductor para realizar las transformaciones se pueden ver en la ***Figura 8***.



*Figura 8: Formatos origen y destino aceptados por el conversor*

Al implementar un traductor que realice transformaciones de formatos .skp o .kmz a .obj, .dae y .L3D se cubre un grupo importante de editores y bibliotecas. Además se ofrece la posibilidad de utilizar estos modelos 3D con navegadores que antes no los aceptaban. De la misma manera al convertir formatos tan específicos como .ply, .pts o .tri, entre otros, que muy pocas herramientas manejan se consigue lograr un alcance mayor. Resultan más accesibles tanto los objetos 3D obtenidos a partir de estas herramientas como las aplicaciones que soportan y utilizan los formatos .dae, .obj y .L3D.

En definitiva, al realizar traducciones entre los formatos origen y formatos destino de la **Figura 8** se consigue abarcar un amplio rango de editores y bibliotecas, además de hacer más accesibles los navegadores de AR existentes. Por lo tanto, los resultados de este TFG permiten eliminar algunas barreras existentes entre las herramientas de generación de modelos 3D y los navegadores de AR.



## Capítulo 5

# Análisis y diseño de la herramienta



## **5. Análisis y diseño de la herramienta**

### ***5.1. Escenario inicial***

En este apartado se va a describir la situación de un caso real proporcionado por un profesor de la Facultad de Educación de la Universidad de Valladolid (ver Anexo I) Ejemplo diseño educativo) en el que al preparar una actividad usando las técnicas que se describen en este trabajo, se encuentra con el problema de la incompatibilidad de formatos que intenta resolver este TFG.

Se pretende ilustrar a través de un ejemplo real el problema con el que este profesor se encontró y los problemas que se hubieran resuelto si se hubiera contado con el traductor desarrollado en este proyecto. Se puede encontrar información concreta sobre el escenario en el Anexo I, Ejemplo diseño educativo.

Aquí se muestra un resumen del escenario. Un profesor desea realizar una actividad basada en un diseño educativo que permita al alumno desarrollar habilidades para ser capaz de realizar evaluaciones entre iguales, es decir, poder evaluar el trabajo de sus compañeros.

El diseño educativo está estrechamente relacionado con la utilización de modelos 3D en AR, ya sea mediante la creación de nuevos modelos, o utilizando algunos existentes en bibliotecas de modelos 3D.

Una vez fijados los objetivos de la actividad, el profesor se dispone a analizar las diferentes herramientas existentes para el uso de AR, los editores de modelos 3D y los navegadores de AR. Después de estudiar las características de cada uno de ellos, selecciona como editor de modelos 3D Google Sketchup y como navegador de AR, Junaio. Durante el proceso señala algún problema de interoperabilidad con el navegador de AR Junaio.

Los formatos de los modelos 3D proporcionados por Google Sketchup y los que admite Junaio son diferentes. El profesor invierte 80 minutos en buscar herramientas para convertir el formato de los diseños AR generado con Google Sketchup al formato usado por Junaio. El proceso que encuentra el profesor para realizar la conversión es mediante una herramienta de pago, por lo que esta opción queda descartada.

El siguiente paso que realiza el profesor es buscar alguna biblioteca que contenga modelos 3D adecuados para la temática de su actividad en el formato que acepta Junaio. En esta fase el profesor invierte aproximadamente una hora. Al descargar los modelos 3D para su actividad, se encuentra con el problema de que no se cargan directamente en Junaio. Tiene que adaptar los modelos 3D descargados para poder visualizarlos a través de este navegador. En este proceso el profesor invierte 30 minutos y la solución no es inmediata.

Según los datos proporcionados por el profesor, el tiempo dedicado a realizar el diseño de la actividad es de 10 horas y 41 minutos. De las cuales aproximadamente 4 horas están dedicadas a la búsqueda y análisis de soluciones para resolver la incompatibilidad de formatos entre los editores de modelos 3D y los navegadores de AR e incluso entre los propios navegadores.

A través de este caso práctico se pretende reflejar la necesidad real de crear un traductor que sea capaz de transformar automáticamente los formatos más usados en las herramientas de creación de modelos 3D a los formatos aceptados por los navegadores de AR.

Si el profesor hubiera contado con el traductor de formatos la solución al problema de este caso de estudio hubiera sido inmediata. En concreto, de los 80 minutos que el profesor invierte en buscar una herramienta para convertir el formato de los modelos creados con Google Sketchup al formato de Junaio se hubiera reducido a un par de minutos.

El traductor debe contar con una interfaz sencilla y de fácil manejo para que personas que no estén familiarizadas con la tecnología, como pueden ser algunos profesores, puedan usarlo.

## ***5.2. Especificación de requisitos***

<b>FRQ-0001</b>	<b>Interfaz de usuario</b>
<b>Versión</b>	1.0 ( 14/04/2012 )
<b>Autores</b>	<a href="#">Judith Samaniego García</a>
<b>Fuentes</b>	<a href="#">Judith Samaniego García</a>
<b>Dependencias</b>	
<b>Descripción</b>	El sistema deberá <i>proporcionar una interfaz de usuario para el uso del traductor.</i>
<b>Importancia</b>	vital
<b>Urgencia</b>	inmediatamente
<b>Estado</b>	en construcción
<b>Estabilidad</b>	media
<b>Comentarios</b>	Ninguno

<b>FRQ-0002</b>	<b>Selección de modelos 3D</b>
<b>Versión</b>	1.0 ( 14/04/2012 )
<b>Autores</b>	<a href="#">Judith Samaniego García</a>
<b>Fuentes</b>	<a href="#">Judith Samaniego García</a>
<b>Dependencias</b>	
<b>Descripción</b>	El sistema deberá <i>permitir la selección de modelos 3D a través de un fichero.</i>
<b>Importancia</b>	vital
<b>Urgencia</b>	inmediatamente
<b>Estado</b>	en construcción
<b>Estabilidad</b>	media
<b>Comentarios</b>	Ninguno

<b>FRQ-0003</b>	<b>Selección de browser AR destino</b>
<b>Versión</b>	1.0 ( 14/04/2012 )
<b>Autores</b>	<a href="#">Judith Samaniego García</a>
<b>Fuentes</b>	<a href="#">Judith Samaniego García</a>
<b>Dependencias</b>	
<b>Descripción</b>	El sistema deberá <i>permitir seleccionar el navegador de AR destino.</i>

Transformación de objetos 3D a formatos navegadores AR

<b>Importancia</b>	vital
<b>Urgencia</b>	inmediatamente
<b>Estado</b>	en construcción
<b>Estabilidad</b>	media
<b>Comentarios</b>	Ninguno

<b>FRQ-0004</b>	<b>Modelo transformado</b>
<b>Versión</b>	1.0 ( 14/04/2012 )
<b>Autores</b>	<a href="#">Judith Samaniego García</a>
<b>Fuentes</b>	<a href="#">Judith Samaniego García</a>
<b>Dependencias</b>	
<b>Descripción</b>	El sistema deberá <i>devolver un fichero en el que se encuentra el modelo 3D convertido.</i>
<b>Importancia</b>	vital
<b>Urgencia</b>	inmediatamente
<b>Estado</b>	en construcción
<b>Estabilidad</b>	media
<b>Comentarios</b>	Ninguno

<b>FRQ-0005</b>	<b>Mensaje informativo</b>
<b>Versión</b>	1.0 ( 14/04/2012 )
<b>Autores</b>	<a href="#">Judith Samaniego García</a>
<b>Fuentes</b>	<a href="#">Judith Samaniego García</a>
<b>Dependencias</b>	
<b>Descripción</b>	El sistema deberá <i>mostrar un mensaje con la ubicación en la que se encuentra el fichero con el modelo 3D transformado.</i>
<b>Importancia</b>	vital
<b>Urgencia</b>	inmediatamente
<b>Estado</b>	en construcción
<b>Estabilidad</b>	media
<b>Comentarios</b>	Ninguno

### 5.3. Especificación de casos de uso

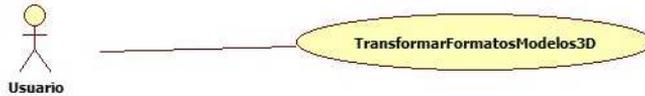


Figura 9: Diagrama casos de uso

#### Caso de Uso-TransformarFormatosModelos3D

ID: 1

Descripción breve:

El sistema debe disponer de un traductor que realice la conversión de los formatos de los modelos 3D a los formatos de los navegadores de AR.

Actores principales:

Usuario

Actores secundarios:

Ninguno

Escenario principal:

1. El caso de uso comienza cuando el usuario introduce su modelo 3D, a través de un fichero.
2. El usuario selecciona a través de una lista el navegador destino.
3. El usuario pulsa el botón convertir.
4. El sistema realiza la conversión de formatos y muestra un mensaje con la ubicación del fichero con el modelo 3D convertido.

Precondiciones:

1. El usuario ha introducido un modelo 3D válido.

Post-condiciones:

1. Un usuario ha obtenido un modelo 3D transformado.

## 5.4. Modelo de dominio

La Figura 10: Diagrama clases análisis muestra el diagrama de clases de la fase de análisis.

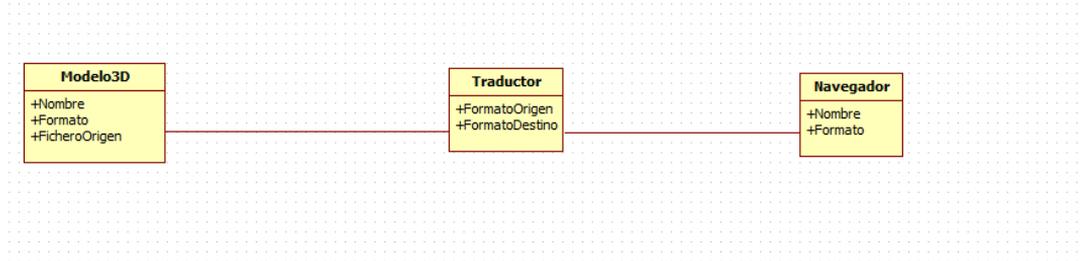


Figura 10: Diagrama clases análisis

En la Figura 11: Diagrama clases diseño se muestra el diagrama de clases de la fase de diseño del prototipo.

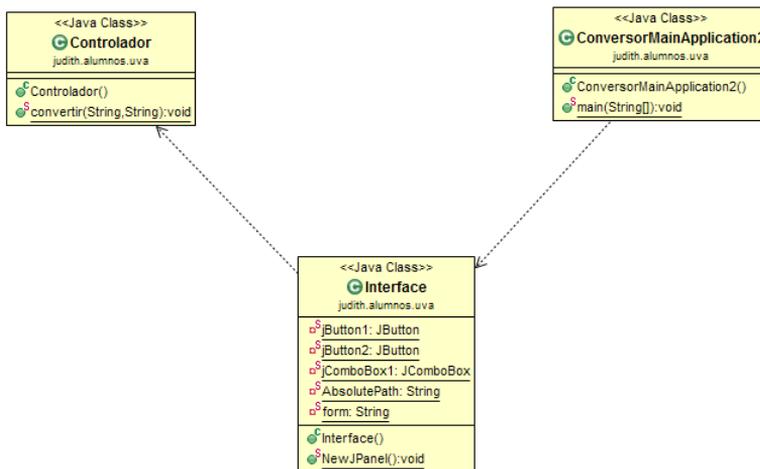


Figura 11: Diagrama clases diseño

## 5.5. Arquitectura del software

En este apartado se pretenden detallar los aspectos importantes sobre la arquitectura interna del traductor. Al tratarse de un prototipo sencillo no podemos encontrar una arquitectura software compleja, pero sí hay algunos puntos que son importantes de destacar.

El prototipo cuenta con una interfaz sencilla que sirve como intermediario entre el usuario y el traductor. A través de la interfaz se recogen los datos introducidos por el usuario necesarios para realizar la conversión.

El traductor dispone de un controlador, que es el motor del prototipo. La información obtenida a partir de la interfaz se comunica al controlador y es él el que en función de los datos que le llegan actúa en consecuencia realizando llamadas a programas externos, como son Google SketchUp, Meshlab y Layar 3D model converter. A través de ellos y las opciones controladas por el motor se realizan las transformaciones oportunas para obtener los modelos 3D transformados correctamente al formato deseado. Para obtener más información sobre el funcionamiento interno, consultar el capítulo 6, implementación de la herramienta.

Para facilitar al lector información adicional sobre el funcionamiento del controlador, se proporciona la **Figura 12**, en la cual se puede observar cómo el controlador se relaciona con los programas externos.

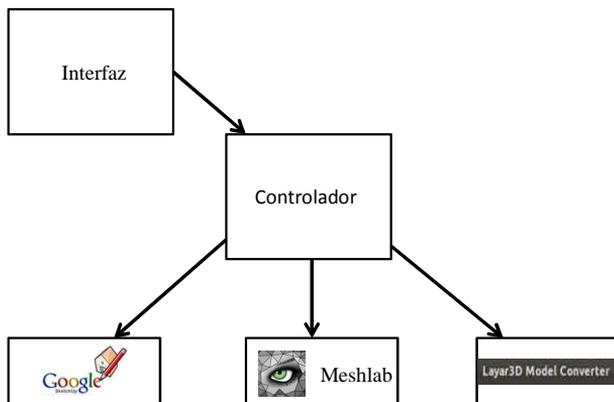


Figura 12: Arquitectura software

## Capítulo 6

# Implementación de la herramienta



## 6. Implementación de la herramienta

En el presente capítulo se va a exponer cómo se ha llevado a cabo el proceso de implementación del prototipo traductor.

En primer lugar y a modo de información general, se va a hablar de las herramientas utilizadas como apoyo a la implementación del prototipo.

Como IDE<sup>44</sup> se ha utilizado Eclipse en su versión Juno y como lenguaje de programación Java. Para realizar la sencilla interfaz de usuario que dispone la herramienta se ha utilizado la tecnología Java *Swing* que se trata de una biblioteca gráfica para Java que incluye *widgets*<sup>45</sup> como cajas de texto, botones, desplegables y tablas. A través de esta técnica se ha realizado la interfaz, que consta de tres botones, el primero de ellos para seleccionar el fichero origen donde se encuentra el modelo 3D que se desea convertir, el segundo para seleccionar el navegador de AR en el cual se desea visualizar el modelo 3D y por último un botón convertir, que se habilita cuando se ha proporcionado la información necesaria para realizar la conversión entre formatos.

A través de la sencilla interfaz implementada, se recoge la información sobre la ubicación del fichero del modelo origen y su formato, además del formato destino propio del navegador AR seleccionado.

Entrando ya en aspectos más concretos sobre la implementación podemos decir que la parte que cobra más peso en este caso es la implementación del controlador. Dicho controlador conforma el motor de la herramienta ya que es el encargado de controlar como su propio nombre indica la ejecución de los programas necesarios para la realización de la traducción de formatos. El controlador recibe la información que ha sido seleccionada por el usuario a través de la interfaz y según los datos proporcionados actúa de una manera u otra.

Después de la labor de investigación realizada en este trabajo y las conclusiones expuestas se han tomado determinaciones sobre las herramientas a utilizar para realizar las traducciones.

Como se ha visto en el capítulo 4, selección de tecnologías, Google SketchUp es una de las herramientas seleccionadas como candidata para incluir en escenarios educativos. Se ha demostrado a través de los criterios de selección que su uso está bastante extendido, por lo que es necesario contemplar en el prototipo la extensión de los formatos propios de Google SketchUp y será el mismo Google SketchUp el encargado de realizar la conversión a través de una serie de llamadas desde el controlador Java implementado. Además Google SketchUp dispone de un API Ruby<sup>46</sup> para desarrolladores en el que se puede encontrar información de mucha utilidad como apoyo para realizar las conversiones.

Los modelos 3D presentan texturas como pueden ser, el número de caras, el número de vértices, de componentes, etc. Es necesario corregir el modelo 3D antes de realizar la transformación a formato obj, ya que en muchos modelos hechos por la comunidad, algunas

---

<sup>44</sup> Entorno de desarrollo integrado

<sup>45</sup> Pequeñas aplicaciones informáticas en forma de iconos gráficos que se utilizan para permitir la interacción con el usuario

<sup>46</sup> <https://developers.google.com/sketchup/docs/index>, última visita 07/07/2012

texturas están configuradas en caras interiores del modelo (mirando hacia dentro) en lugar de estar en las caras exteriores (mirando hacia fuera). Esto producía que al exportar el modelo sin corregirlo, se perdiesen texturas. Por lo tanto, para conservar el modelo 3D en su estado original es necesario corregir dichas texturas. Para el caso de los modelos con extensión propia de Google SketchUp se ha utilizado un plugin ya implementado por Google, que corrige las texturas del modelo original, devolviendo como resultado el modelo con el nuevo formato.

Para realizar transformaciones desde modelos de Google SketchUp a formato .obj, que como se ha visto es el formato utilizado por navegadores como Junaio y Wikitude, se ha utilizado también un plugin implementado por la comunidad que realiza la transformación a .obj. Por lo tanto para realizar una transformación desde el formato de Google SketchUp a formato .obj se realizaría en dos pasos, en primer lugar se llamaría al plugin para corregir las texturas y posteriormente al plugin para transformar a formato obj. Para conseguir esta transformación, cuando el controlador detecta que nos encontramos en esta situación, se crea un script ruby on rails<sup>47</sup> con la información correspondiente al modelo seleccionado, para de esta manera hacer una llamada a los plugins de corrección de texturas y de conversión a formato obj. El script debe estar escrito en lenguaje ruby ya que es el lenguaje utilizado por la comunidad de desarrolladores de Google para los plugins de Google SketchUp. Ruby es el lenguaje utilizado para implementar estos plugins ya que es el lenguaje que usa el API de Google SketchUp.

Para realizar la conversión desde formatos no propios de Google SketchUp, como pueden ser .dae, .ply, .es, etc. se ha utilizado Meshlab. Los motivos por los que se ha elegido esta herramienta son los siguientes. Por un lado Meshlab permite la transformación de muchos formatos a muchos formatos, lo que hace que sea una herramienta que aporte mucha utilidad a este trabajo y que además se trata de software libre, para más información consultar el capítulo 3, estudio de modelos 3D en navegadores AR. Y por otro lado, Meshlab ofrece la posibilidad de usar esta herramienta como servicio, a través de Meshlab server, sin necesidad de acceder a la aplicación en sí.

Si la opción seleccionada como navegador destino es Layar, la forma de convertir es algo diferente, ya que Layar acepta únicamente un formato propio con extensión .L3D, por lo que es necesaria la utilización de una herramienta llamada Layar 3D model converter que proporciona la propia comunidad Layar, que realiza la transformación de .obj a .L3D. Por lo tanto si el navegador AR seleccionado es Layar, hay que realizar primero la transformación a formato obj, usando la ejecución de una herramienta u otra dependiendo del formato origen y posteriormente llamar a Layar 3D model converter para obtener el formato visible a través de Layar.

A modo de resumen y con el fin de exponer de una manera más clara cómo ha sido la implementación del traductor se detallan los siguientes párrafos.

El prototipo traductor dispone de una interfaz sencilla que sirve para interactuar al usuario con el conversor. A través de dicha interfaz, el usuario selecciona el fichero del modelo 3D que desea convertir y el navegador AR destino. Se recoge la información proporcionada por el usuario y se llama al controlador, el cual, al interpretar los datos realiza la ejecución correspondiente para realizar la transformación del formato del modelo 3D origen al formato aceptado por el navegador AR.

---

<sup>47</sup> Lenguaje de programación interpretado, reflexivo y orientado a objetos que combina una sintaxis inspirada en Python y Perl

Nos podemos encontrar ante multitud de opciones, ya que el traductor contempla alrededor de 30 formatos diferentes. Algunas de las opciones son las siguientes:

Si el formato origen es alguno de los propios de Google SketchUp y el navegador seleccionado es Junaio o Wikitude, el controlador ejecutará Google SketchUp, creando el script ruby en ejecución y llamando a los plugins para corregir las texturas y transformar a obj.

Si el formato origen es alguno de los propios de Google SketchUp y el navegador seleccionado es Layar, el controlador ejecutará Google SketchUp, creando el script ruby en ejecución y llamando a los plugins para corregir las texturas y transformar a obj. Posteriormente y con el fichero con formato .obj se llamará a la herramienta Layar 3D model converter.

Si el formato origen es cualquiera de los soportados por Meshlab y el navegador seleccionado es Junaio o Wikitude, el controlador ejecutará Meshlab server con las opciones de transformación de texturas.

Si el formato origen es cualquiera de los soportados por Meshlab y el navegador seleccionado es Aurasma, Kharma o Ezflar, el controlador ejecutará Meshlab server con el fichero origen y el formato destino según el navegador.

Si el formato origen es cualquiera de los soportados por Meshlab y el navegador seleccionado es Layar, el controlador ejecutará Meshlab server con las opciones de transformación de texturas y posteriormente llamará a la herramienta Layar 3D model converter indicando el fichero con el modelo que se desea convertir.



## Capítulo 7

# Validación de la herramienta



## 7. Validación de la herramienta

En este capítulo se muestran las pruebas que se realizarán para comprobar la funcionalidad del traductor. Se espera que la batería de pruebas realizada sea un éxito al detectar el mayor número de errores posibles, de esta manera, se intentará poner solución a los fallos encontrados con el fin de que el traductor sirva como base para futuras ampliaciones del mismo.

En las siguientes tablas se muestran los resultados de las pruebas realizadas y los modelos empleados para su consecución.

### 7.1. Prueba 1: Transformación de formato Google SketchUp a formato Junaio y Wikitude

Modelo utilizado	Salida esperada	Salida obtenida
IglesiaSanPablo.skp <sup>48</sup>	Ficheros .obj, .mtl <sup>49</sup> , fichero texturas	Ficheros .obj, .mtl, fichero texturas
CatedralValladolid.skp <sup>50</sup>	Ficheros .obj, .mtl, fichero texturas	Ficheros .obj, .mtl, fichero texturas
IglesiaAntigua.skp <sup>51</sup>	Ficheros .obj, .mtl, fichero texturas	Ficheros .obj, .mtl, fichero texturas
CatedralBrasil.skp <sup>52</sup>	Ficheros .obj, .mtl, fichero texturas	Error, a través de este modelo se ha detectado un fallo en el plugin objexporter de GoogleSketchUp. Este modelo consta de unos componentes que al ejecutar la transformación a .obj llaman a un método obsoleto del plugin. Con el fin de

<sup>48</sup> Modelo disponible en:

<http://sketchup.google.com/3dwarehouse/details?mid=67471586a04bbc649035091e9a168e9c&prevstart=0>, última visita 04/09/2012

<sup>49</sup> Formato que contiene las texturas del modelo transformado

<sup>50</sup> Modelo disponible en:

<http://sketchup.google.com/3dwarehouse/details?mid=5a363f19eb2f3ea47c5252717c3c119&prevstart=0>, última visita 04/09/2012

<sup>51</sup> Modelo disponible en:

<http://sketchup.google.com/3dwarehouse/details?mid=ed315ca9e8876da0a09bafeadfe890b6&prevstart=0>, última visita 04/09/2012

<sup>52</sup> Modelo disponible en:

<http://sketchup.google.com/3dwarehouse/details?mid=c5fa9fa9f209780aaa261f49f4209a7d&prevstart=0>, última visita 04/09/2012

		informar del problema, se ha abierto un hilo <sup>53</sup> en el foro sketchucation.com, correspondiente a dicho plugin.
Puerta_Alcazar.kmz <sup>54</sup>	Ficheros .obj, .mtl, fichero texturas	Ficheros .obj, .mtl, fichero texturas

Tabla 9: Resultados Prueba 1

## 7.2. Prueba 2: Transformación desde Meshlab a formato Junaio y Wikitude

Modelo utilizado	Salida esperada	Salida obtenida
PringlesDosefinal.dae <sup>55</sup>	Ficheros .obj, .mtl, fichero texturas	Ficheros .obj, .mtl, fichero texturas
chameleon4k.pts <sup>56</sup>	Ficheros .obj, .mtl, fichero texturas	Ficheros .obj, .mtl, fichero texturas
Laurana50k.ply <sup>57</sup>	Ficheros .obj, .mtl, fichero texturas	Error, no se ha generado el fichero correspondiente a las texturas
duck_triangulate.dae <sup>58</sup>	Ficheros .obj, .mtl, fichero texturas	Ficheros .obj, .mtl, fichero texturas

Tabla 10: Resultados Prueba 2

## 7.3. Prueba 3: Transformación desde Meshlab a formato Layar

Modelo utilizado	Salida esperada	Salida obtenida
PringlesDosefinal.dae	Fichero .L3D	Fichero .L3D
chameleon4k.pts	Fichero .L3D	Fichero .L3D
Laurana50k.ply	Fichero .L3D	Error, no se ha creado .L3D. Al analizar el problema, se

<sup>55</sup> Modelo accesible en el cd que acompaña la memoria

<sup>56</sup> Modelo accesible en la carpeta samples de Meshlab versión 1.3.2

<sup>57</sup> Modelo accesible en la carpeta samples de Meshlab versión 1.3.2

<sup>58</sup> Modelo accesible en la carpeta samples de Meshlab versión 1.3.2

		<p>debe a que para realizar la transformación a formato Laya (L3D) es necesario convertir previamente a formato .obj. Si la transformación a .obj tarda mucho, al intentar ejecutarse el convertidor de Laya y no encontrar el fichero .obj, da un error y no realiza la transformación.</p> <p>Se identifica en el código del controlador dónde podría depurarse el problema, aunque no se implementa su solución por restricciones temporales.</p>
duck_triangulate.dae	Fichero .L3D	Fichero .L3D

Tabla 11: Resultados Prueba 3

## 7.4. Prueba 4: Transformación desde Google SketchUp y 3dwarehouse a formato Laya

Modelo utilizado	Salida esperada	Salida obtenida
IglesiaSanPablo.skp	Fichero .L3D	Fichero .L3D
CatedralValladolid.skp	Fichero .L3D	Error, no se ha creado .L3D. Al analizar el problema, se debe a que para realizar la transformación a formato Laya (L3D) es necesario convertir previamente a formato .obj. Si la transformación a .obj tarda mucho, al intentar ejecutarse el convertidor de Laya y no encontrar el fichero .obj, da un error y no realiza la transformación.
IglesiaAntigua.skp	Fichero .L3D	Fichero .L3D
CatedralBrasil.skp	Fichero .L3D	Error, no se ha creado .L3D. Al analizar el problema, se debe a que para realizar la transformación a formato

		Layar (.L3D) es necesario convertir previamente a formato .obj. Si la transformación a .obj tarda mucho, al intentar ejecutarse el convertidor de Layar y no encontrar el fichero .obj, da un error y no realiza la transformación.
Puerta_Alcazar.kmz	Fichero .L3D	Fichero .L3D

Tabla 12: Resultados Prueba 4

## 7.5. Prueba 5: Transformación desde Meshlab a formato Aurasma, Kharma o Ezflar

Modelo utilizado	Salida esperada	Salida obtenida
nano_100k.ply <sup>59</sup>	Fichero .dae	Fichero .dae
chameleon4k.pts	Fichero .dae	Fichero .dae
Laurana50k.ply	Fichero .dae	Fichero .dae
puerta_alcazarFinal.obj <sup>60</sup>	Fichero .dae	Fichero .dae

Tabla 13: Resultados Prueba 5

En este apartado cabe destacar que la validación de los modelos resultantes se ha realizado a través de editores que soporten el formato del modelo final transformado. En la mayor parte de los casos el editor utilizado ha sido Meshlab, ya que se trata de un editor que acepta un gran número de formatos para los modelos importados.

<sup>59</sup> Modelo accesible a través del cd que acompaña la memoria

<sup>60</sup> Resultado de transformar el modelo puerta\_alcazar.kmz a formato Junaio/Wikitudo a través de Google SketchUp

## Capítulo 8

# Conclusiones y futuras ampliaciones



## **8. Conclusiones y futuras ampliaciones**

Para concluir este TFG se exponen las conclusiones y futuras ampliaciones que podrían conformar una mejora en el trabajo realizado.

Tras la elaboración del proyecto, las conclusiones obtenidas son muchas y de diferentes tipos, por un lado se encuentran las conclusiones personales de la alumna, los conceptos aprendidos tanto a nivel técnico como personal y por otro lado, los resultados obtenidos tras la labor de investigación realizada y la implementación del traductor que resuelve el problema que venimos tratando a lo largo del desarrollo de este trabajo. Por último, y no menos importante cabe destacar las mejoras que se ofrecen al proporcionar esta solución para el desarrollo de diseños educativos usando modelos 3D.

Respecto a las conclusiones personales tras la realización del estudio del estado del arte tanto de la AR como de los modelos 3D, es importante destacar que se ha aprendido aunque sea a pequeña escala lo que supone una labor de investigación de este tipo. El hecho de iniciar una búsqueda de información sin saber la cantidad de datos que se van a encontrar, aprender a seleccionar información de calidad y contrastar dicha información y posteriormente disponer de criterios de evaluación para filtrar la información encontrada y optar por las tecnologías y herramientas más adecuadas para implantar en escenarios educativos, ha supuesto para la alumna adquirir un nivel más elevado de madurez y experiencia en este ámbito. Al realizar la implementación del traductor, se han perfeccionado los conocimientos técnicos a nivel tanto de desarrollo software como de resolución de problemas. Dado que los recursos disponibles son limitados se ha mantenido en todo momento el foco de solucionar el problema principal, realizar un estudio del estado del arte de los modelos 3D e implementar un prototipo del traductor usando las tecnologías seleccionadas tras la investigación.

Continuando con las conclusiones personales se ha de apuntar que el hecho de trabajar en aras de proponer una solución que sirviera como mejora a un problema real ha hecho que desde un primer momento, los objetivos tanto principales como secundarios del proyecto estuvieran claros y que siempre se trabajara con miras a cumplir esos objetivos. También al tratarse de un problema conocido, la satisfacción de trabajar en su solución ha sido mayor, siendo consciente la alumna desde un inicio que su labor iba a ser de utilidad.

Respecto a los resultados obtenidos en el trabajo, se ha proporcionado un estudio sobre los modelos 3D, sus formatos, herramientas de autoría de modelado 3D, bibliotecas disponibles de dichos modelos y navegadores de AR existentes. Por lo tanto este estudio puede servir de apoyo a personas que utilicen en su trabajo modelos 3D, ya no solo en el mundo de la educación, sino en otras disciplinas, ya que es cada vez de uso más habitual la combinación de AR y modelos en tres dimensiones. Por otro lado y ya centrándonos en el ámbito educativo, al disponer de un prototipo de traductor un profesor puede realizar actividades reutilizando modelos ya existentes o creando nuevos sin necesidad de realizar una búsqueda exhaustiva de modelos cuyos formatos se ajusten a las necesidades concretas de la tarea que quieren proponer. En ocasiones resulta difícil encontrar modelos 3D que se ajusten a la temática sobre la que se pretende realizar la actividad y mucho más encontrar modelos en los formatos deseados, ahora bien, este hecho no debería ser un problema añadido si se dispone del traductor creado en este TFG.

Teniendo en cuenta que uno de los grandes retos para los docentes es conseguir desarrollar nuevas actividades fuera de los métodos tradicionales, nos damos cuenta de que las tecnologías

actuales introducen posibilidades educativas que van mucho más allá del papel y el lápiz. Algunas de estas tecnologías aptas para diseñar estas tareas son las que tratan la AR acompañada de los modelos 3D. Con esto quiero hacer dar una visión al lector de las posibles mejoras que se proponen con los resultados de este trabajo. A través del estudio que se presenta se puede proporcionar información concreta sobre las herramientas disponibles para realizar diseños educativos usando estas tecnologías y gracias al traductor implementado se pretenden eliminar barreras que las propias herramientas presentan al trabajar con modelos en tres dimensiones.

Como se ha explicado en el capítulo sobre la implementación de la herramienta, el resultado de este trabajo es una aplicación de escritorio que consta de un controlador que sirve como motor base para realizar las conversiones entre formatos. Se dispone de una interfaz sencilla que permite al usuario interactuar con el traductor para realizar la transformación del formato del modelo origen seleccionado por el usuario al formato destino deseado, para que dicho modelo sea visible en un navegador de AR. Ahora bien, como posibles **futuras ampliaciones** se podría realizar una aplicación web para que el traductor sea accesible vía online por los usuarios, usando el controlador implementado en este trabajo. En dicha aplicación se podrían registrar nuevos usuarios y hacer una gestión de los mismos, proporcionando al usuario la posibilidad de listar sus modelos, modificarlos o eliminarlos. En dicha aplicación también se podría disponer de opciones como selección de modelos a través de direcciones url o de bibliotecas de modelos 3D ya existentes. De la misma manera, se podría devolver el modelo transformado a través de una url con la que se pudiera acceder al nuevo modelo o usar tecnologías modernas como *QR-code*<sup>61</sup> almacenando dentro del mismo la información del modelo. Otra de las posibles ampliaciones sería implementar un API (interfaz de programación de aplicaciones) para que el traductor pueda ser utilizado por otro software como una capa de abstracción.

En la actualidad el traductor solamente puede ejecutarse en Microsoft Windows. Como una futura ampliación adicional, la herramienta podría adaptarse para que sea compatible con otras plataformas, como Linux y Mac OS.

---

<sup>61</sup> Sistema para almacenar información en una matriz de puntos o un código de barras bidimensional

## Capítulo 9

# Referencias bibliográficas





## 9. Referencias bibliográficas

- [1]. Johnson, L., Smith, R., Willis, H., Levine, A., and Haywood, K(2011). "The Horizont Report." The New Media Consortium and the Educause Learning Initiative:1-33.
- [2]. Johnson, L., Levine, A., Smith, R., & Stone, S. (2010). "The Horizont Report." The New Media Consortium and the Educause Learning Initiative:1-35.
- [3]. Van Krevelen, D. W. F. and R. Poelman (2010). "A Survey of Augmented Reality Technologies, Applications and Limitations." The International Journal of Virtual Reality 9(2): 1-20.
- [4] Multiple authors. (2012, retrieved May 2012). *3D Modeling* [Web Page]. Available: [http://en.wikipedia.org/wiki/3D\\_modeling](http://en.wikipedia.org/wiki/3D_modeling)
- [5] Unknown. (2011, retrieved Sep 2012). *3D Defined* [Web Page]. Available: <http://3d.about.com/od/3d-101-The-Basics/a/3d-Defined-What-Is-3d.htm>
- [6] Unknown. (2011, retrieved Jun 2012). *Definición de modelo en 3D* [Web Page]. Available: <http://www.alegsa.com.ar/Dic/modelo%20en%203d.php>
- [7] Unknown. (2011, retrieved Jan 2012). *3D file format* [Web Page]. Available: [http://edutechwiki.unige.ch/en/3D\\_file\\_format](http://edutechwiki.unige.ch/en/3D_file_format)
- [8] Multiple authors. (2011, retrieved May 2012). *Comparison of 3D computer graphics software* [Web Page]. Available: [http://en.wikipedia.org/wiki/Comparison\\_of\\_3D\\_computer\\_graphics\\_software](http://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_3D_computer_graphics_software)
- [9] Multiple authors. (2011, retrieved Sep 2012). *Proceso para el desarrollo de software* [Web Page]. Available: [http://es.wikipedia.org/wiki/Proceso\\_para\\_el\\_desarrollo\\_de\\_software](http://es.wikipedia.org/wiki/Proceso_para_el_desarrollo_de_software)
- [10] Unknown. (2011, retrieved Oct 2011). *Proceso para el desarrollo de software* [Web Page]. Available: [http://edutechwiki.unige.ch/en/3D\\_assets](http://edutechwiki.unige.ch/en/3D_assets)
- [11] Jaramillo Valdez, Karina Vanessa. (2004, retrieved May 2012). Estudio Comparativo de Herramientas de Software Libre y Propietario para Modelado 3D. Caso Práctico; Modelado de Rostros Humanos [Web Page]. Available: <http://dspace.espace.edu.ec/handle/123456789/1083>
- [12] Unknown. (2011, retrieved Feb 2012). *Diffusion Innovation in Movies Development: Computer Generated Imagery* [Web Page]. Available: <http://dspace.espace.edu.ec/handle/123456789/1083>



# Anexos



## Anexo I

# Ejemplo diseño educativo



## Anexo I. Ejemplo diseño educativo

El diseño educativo que se expone a continuación ha sido proporcionado por un profesor<sup>62</sup> de la Universidad de Valladolid. En primer lugar quería agradecer a este docente la información facilitada ya que ha servido de gran ayuda como muestra del problema que se pretende resolver en este trabajo y ha proporcionado información sobre el escenario base en el que se enmarca este TFG.

Con la documentación que se adjunta en las siguientes páginas se pretende poner al lector en situación del diseño educativo que el profesor pretendía llevar a cabo y encontrar relación con el problema de incompatibilidad de formatos que persigue este trabajo.

La intención del profesor consistía en realizar una actividad educativa usando un entorno virtual de aprendizaje (VLE), en concreto Moodle. En la **Figura 13** se muestra la información concreta sobre la vista que el alumno tendría sobre el diseño.



Topic outline	
News forum	
<b>1 Root/Method - Seminario DevalSimWeb - Level 1</b>	<input type="checkbox"/>
AlumnoLevel 1-Descripción inicial de la actividad	
AlumnoLevel 1-Bienvenida	
AlumnoLevel 1-Junaio (Alumno 1)	
AlumnoLevel 1-Marker alumno (Alumno 1)	
<b>2 Root/Method - Seminario DevalSimWeb - Level 2</b>	<input type="checkbox"/>
Level 2 groupNivel 2-Mapa conceptual pareja (Level 2 group 1)	
Level 2 groupNivel 2-Marker alumno (Alumno 1)	
Level 2 groupNivel 2-Marker alumno (Alumno 2)	
<b>3 Root/Method - Seminario DevalSimWeb - Level 3</b>	<input type="checkbox"/>
Level 3 groupNivel 3-Mapa conceptual pareja (Level 2 group 1)	
Level 3 groupNivel 3-Mapa conceptual pareja (Level 2 group 2)	
Level 3 groupNivel 3-Documento compartido grupo (Level 3 group 1)	
<b>4 Root/Method - Seminario DevalSimWeb - Level 4</b>	<input type="checkbox"/>
ClassNivel 4-Presentación final (Class)	
ClassNivel 4-Documento compartido grupo (Level 3 group 1)	
ClassNivel 4-Documento compartido grupo (Level 3 group 2)	
ClassNivel 4-Documento compartido grupo (Level 3 group 3)	

Figura 13: Vista alumno Moodle

<sup>62</sup> Iván M. Jorrín Abellán, Facultad de Educación y Trabajo Social. Departamento de Pedagogía. Universidad de Valladolid. Campus Miguel Delibes. Paseo de Belén, 1. 47011. Valladolid (España)

La actividad específica que el docente quería proponer consistía en un diseño educativo que permitiera a los alumnos realizar evaluaciones entre iguales. Dicha actividad contaba con modelos en tres dimensiones, los cuales se podían visualizar con AR utilizando un canal de Junaio (accesible por medio de un QR code), y unos marcadores creados en Junaio para tal efecto, que consisten en imágenes preconfiguradas, como se puede ver en la **Figura 14**.

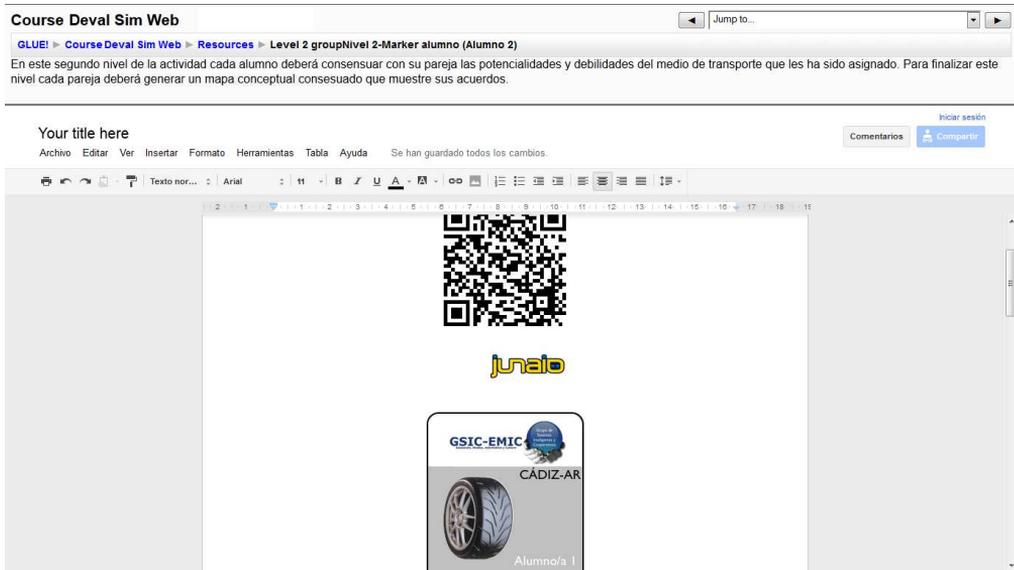


Figura 14: QR code correspondiente a canal de Junaio y marcador para visualizar el modelo 3D

La información concreta sobre el diseño educativo se puede ver a continuación, se trata de un diseño piramidal con cuatro niveles.

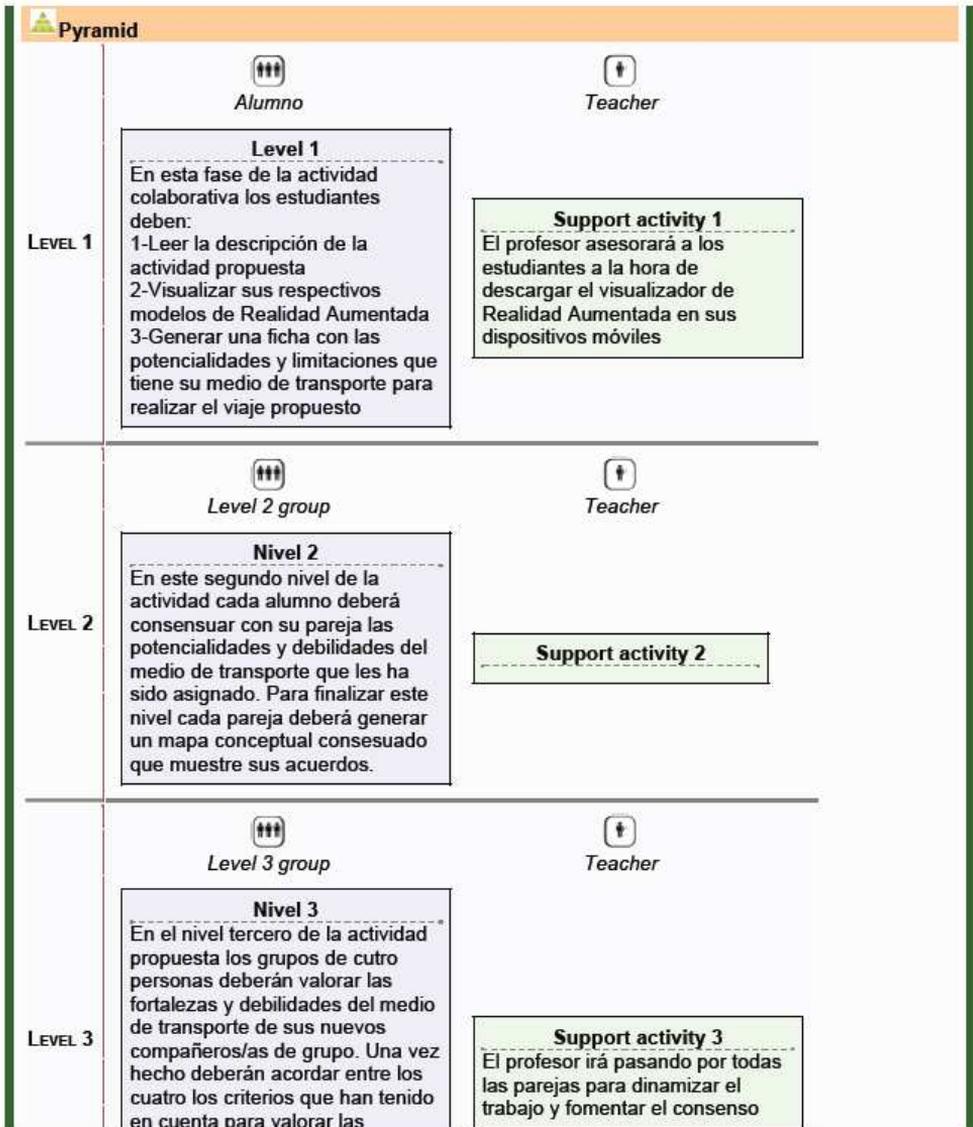
**General information:**

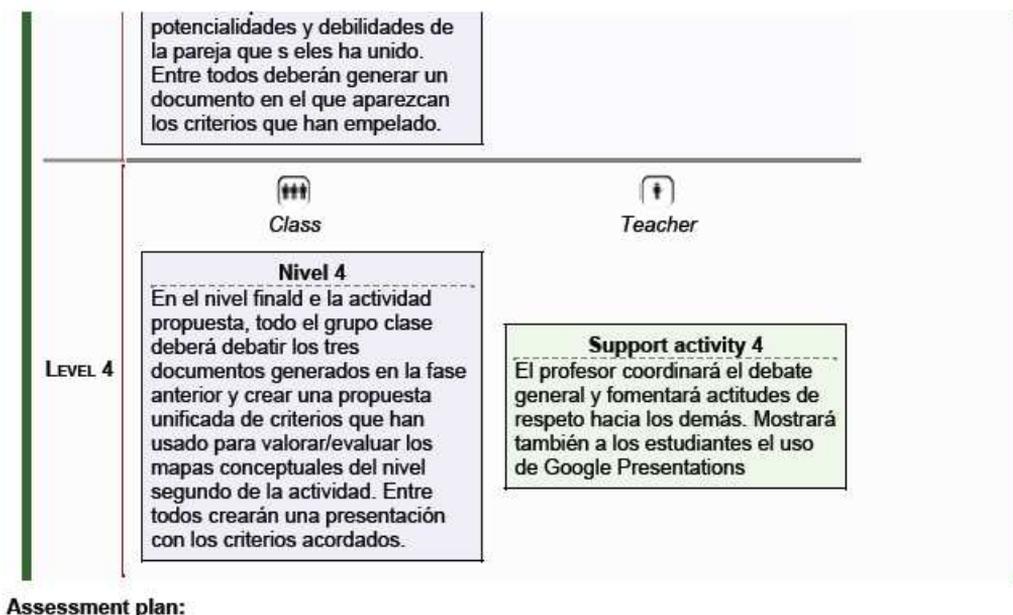
Title: Seminario DevalSimWeb

Prerrequisitos: Para poder desarrollar esta propuesta de actividad el profesorado debe haber generado los modelos de AR necesarios en el nivel inicial de la Pirámide. En el caso concreto de la propuesta para DevalSimWeb se ha utilizado Junaio para hacerlo.

- Objetivo 1: Aprender las estrategias básicas que implica la evaluación entre pares
- Objetivo 2: Desarrollar competencias para la evaluación entre iguales

**Learning activity flow:**





En la **Tabla 14**, se puede ver de manera detallada el tiempo que el profesor dedicó al diseño de la actividad. En concreto la información de esta tabla es la que muestra realmente el problema de la incompatibilidad de formatos. El profesor expone de forma detallada el tiempo invertido en buscar soluciones a este problema.

### TIEMPO DEDICADO AL DISEÑO DE LA ACTIVIDAD DEVALSIMWEB (Cádiz)

Iván Jorrín

07/03/2012

Actividad	Problemas encontrados	Tiempo dedicado
Análisis del problema que plantea el grupo de investigación Evalfor de la Universidad de Cádiz y búsqueda de solución usando nuestras herramientas	Quieren generar juegos/simulaciones que permitan que un alumno desarrolle las habilidades necesarias para poder evaluar el trabajo de sus compañeros/as (Evaluación entre iguales)	120´
Pensar diseño educativo de la propuesta	En este caso la temática del diseño era muy dependiente de la posibilidad de creación de modelos de AR propios o de la necesidad de uso de modelos ya existentes. Se piensa inicialmente en una actividad con formato pirámide, pero sin contenido	30´

*Transformación de objetos 3D a formatos navegadores AR*

Prueba de herramientas para la visualización de AR (Hoppala, Junaio, Layar)	Cada herramienta permite hacer unas cosas. Junaio deja crear un canal propio e incorporar vídeos y modelos 3D en formato MD2. Hoppala permite geoposicionar objetos 3D. Tengo problemas para incorporar un layer de AR creado con Hoppala en Junaio. Al final decido no hacerlo.	60
Búsqueda de herramientas para convertir el formato de diseños AR generado con Google Sketchup al formato MD2 usado por Junaio	La conversión directa se podría hacer usando Gsketch up pro (de pago). Esta herramienta permite convertir los archivos a formato .obj y desde ahí se podría usar Blender para convertirlos a su vez en .MD2. No consigo encontrar otra forma de hacerlo.	80'
Búsqueda de librerías de objetos 3D en formato MD2	Después de bastante tiempo encuentro este sitio: <a href="http://www.md2.sitters-electronics.nl/models.html">http://www.md2.sitters-electronics.nl/models.html</a> Me permite descargar objetos 3D relacionados con los medios de transporte. Descargo 6 modelos, pero no funcionan directamente con Junaio.	60'
Adaptación de modelos 3D descargados para que Junaio los cargue.	Junaio pide tres archivos para cada modelo AR. Un archivo con la animación en .MD2, un archivo en png con las texturas del objeto, y una imagen que sirva de marker. Modifico la extensión de los archivos de las texturas a .png, cambio la resolución para que el archivo pese menos (max. 500 KB )	30'
Creación de markers	Hay que tener cuidado al crear los markers. No vale con cambiar por ejemplo el texto del marker. Debe haber imágenes claramente diferenciables por Junaio.	30'
Creación de Google doc con el marker de cada alumno.		30'
Creación vídeo presentación y subida a Youtube		15'
Creación de qr code para visualizar el vídeo (desde Junaio), usando Kaywa		5'
Creación del diseño en WIC	Me surgen problemas a la hora de crear los grupos. Debo empezar por el nivel 4 en lugar de por el nivel 1. Se lo comento a Eloy. En la sesión posterior de despliegue me doy cuenta de que he creado docs individuales para cada alumno en la fase 1	45'

*Transformación objetos 3D a formatos navegadores AR*

	de la pirámide que me podría haber ahorrado. Tal y como lo he hecho todos los alumnos verán todos los markers en Moodle.	
Despliegue del diseño en Moodle mediante GLUE!PS	Cuento con la ayuda de Juan. Sin él no hubiese podido dar este paso. GLUE!PS da muchos problemas al crear instancias.	120´
	Total	625´ = 10´41 horas

*Tabla 14: Tiempo dedicado al diseño educativo*



## Anexo II

# Manual de instalación y usuario



## Anexo II. Manual de instalación y usuario

En este anexo se detallan los pasos para llevar a cabo la instalación y el uso de la herramienta implementada en el TFG.

La herramienta se va a facilitar como un archivo .bat<sup>63</sup>, con lo cual sólo es posible la ejecución en equipo con Sistema Operativo Windows. por lo tanto para poder hacer uso del traductor basta con ejecutar dicho archivo .bat haciendo doble click sobre el archivo. Es necesario decir de manera explícita que para su correcto funcionamiento es preciso tener instalados los programas Google SketchUp y Meshlab en los directorios C:\Program Files (x86)\Google\Google SketchUp 8<sup>64</sup> y C:\Program Files\VCG\Meshlab<sup>65</sup> respectivamente. Además para permitir transformaciones a formato Layar es necesario disponer de la herramienta Layar 3D model converter<sup>66</sup> y situar la librería Layar3DModelConverterCLI.jar en el directorio C:/. También es necesario tener instalada una máquina virtual Java (Sun jdk 6<sup>67</sup> o posterior).

Los pasos a realizar son muy sencillos, por lo que a cualquier persona con unos conocimientos básicos de informática le resultará inmediata la ejecución del traductor. Además toda la información detallada aparece en un archivo README de instalación que se proporciona junto al traductor.

A continuación se muestra un manual de usuario en el que se explican los pasos a realizar para hacer uso del traductor.

En la **Figura 15**, podemos observar que la sencilla interfaz del traductor, consta de tres botones, origen, destino y convertir. El botón convertir aparece deshabilitado, ya que no se ha seleccionado ningún modelo a convertir. Para que el botón convertir de habilite se debe haber seleccionado un archivo origen con el modelo 3D y un destino que corresponde al navegador AR en el cual se desea visualizar el modelo 3D.

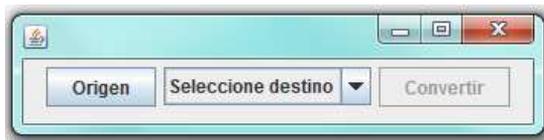


Figura 15: Interfaz del traductor

<sup>63</sup> Archivo de procesamiento por lotes, que contienen un conjunto de comandos DOS

<sup>64</sup> El programa se puede descargar a través de: <http://sketchup.google.com/intl/es/download/>, última visita 05/09/2012

<sup>65</sup> El programa se puede descargar a través de: <http://meshlab.sourceforge.net/>, última visita 05/09/2012

<sup>66</sup> El programa se puede descargar a través de: <http://layar.pbworks.com/w/page/32586555/3D%20Model%20Converter>, última visita 05/09/2012

<sup>67</sup> Se puede descargar accediendo a <http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/downloads/index.html>, última visita 23/05/2012

## Transformación de objetos 3D a formatos navegadores AR

Para realizar la conversión de un modelo, el primer paso es pulsar el botón origen, al accionarlo se muestra la siguiente pantalla. Ver **Figura 16**. El usuario debe navegar a través de las carpetas para seleccionar la ubicación del fichero origen en el que se encuentra el modelo 3D que se desea traducir.

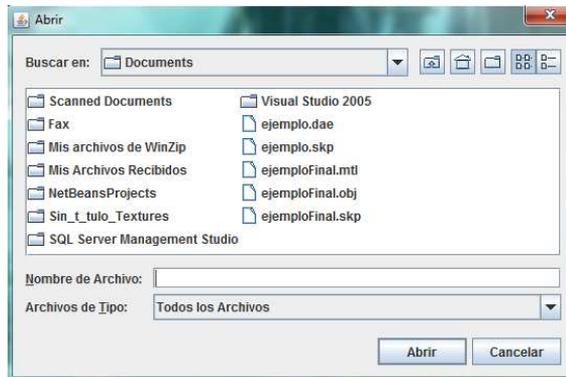


Figura 16: Cuadro de selección de fichero origen

Una vez seleccionado el modelo, el usuario debe seleccionar el destino en el cual desea visualizar el modelo 3D, para ello debe acceder al navegador de AR a través de una lista desplegable como se muestra en la **Figura 17**.



Figura 17: Selección de navegador AR

Una vez seleccionado el fichero origen del modelo 3D y el navegador AR correspondiente al destino, se habilita el botón convertir, como se puede observar en la **Figura 18**.



Figura 18: Botón convertir habilitado para la conversión

Al pulsar el botón convertir, comenzará la transformación del modelo original al formato seleccionado para que sea visible a través del navegador AR. Finalmente el sistema mostrará un mensaje informando de la ubicación del nuevo fichero con el modelo 3D transformado. Ver **Figura 19**.



*Figura 19: Mensaje ubicación fichero salida*

