

**Universidad de La Laguna**  
**Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología**



## **Trabajo Fin de Grado**

---

**Anotaciones de diseño en modelos BIM mediante entornos web, dispositivos móviles y realidad virtual**

**Alumno:** Alejandro Pérez Rodríguez

**Tutor:** José Luis Saorín Pérez

**Titulación:** Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

**Marzo 2017**



**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y  
TECNOLOGÍA**

**TITULACIÓN:**

GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y  
AUTOMÁTICA.

**TÍTULO:**

ANOTACIONES DE DISEÑO EN MODELOS BIM MEDIANTE ENTORNOS  
WEB, DISPOSITIVOS MÓVILES Y REALIDAD VIRTUAL

**AUTOR:**

ALEJANDRO PÉREZ RODRÍGUEZ

# ÍNDICE GENERAL

---

1. RESUMEN .....	8
1. ABSTRACT .....	9
2. JUSTIFICACION Y OBJETIVO .....	10
3. ANTECEDENTES .....	11
4. SOFTWARE BIM .....	12
4.1 ArchiCAD .....	14
4.2 AllPlan .....	15
4.3 Revit.....	16
4.4 Software BIM elegido.....	18
5. ANOTACIONES EN PROYECTOS DE INGENIERIA.....	19
6. VISUALIZADOR 3D .....	20
6.1 Formato IFC.....	20
6.2: Formatos propietarios para visualización en dispositivos móviles.....	23
6.3 Visualización directa en aplicaciones web .....	25
7. VR (REALIDAD VIRTUAL).....	27
8. CASO PRÁCTICO.....	31
8.1 Creación del modelo BIM.....	32
8.2 Visualizador y Anotaciones .....	40
8.3 VR.....	51
9. CONCLUSIÓN .....	56

# ÍNDICE DE FIGURAS

---

<b>Figura I</b> Hoja de Ruta BIM en España Fuente <a href="https://www.ineco.com">https://www.ineco.com</a> .....	12
<b>Figura II</b> Comisión BIM en España Fuente <a href="https://www.ineco.com">https://www.ineco.com</a> .....	13
<b>Figura III</b> Implantacion BIM año2014 Fuente <a href="https://www.ineco.com">https://www.ineco.com</a> .....	13
<b>Figura IV</b> Ejemplo de modelo realizado en archiCAD .....	14
<b>Figura V</b> modelo realizado en ALLPLAN Fuente <a href="https://www.allplan.com">https://www.allplan.com</a> .....	15
<b>Figura VI</b> Ejemplo de proyecto de arquitectura en Revit Fuente propia.....	16
<b>Figura VII</b> Tipos de archivo Solibri Fuente propia.....	20
<b>Figura VIII</b> Ejemplo de prueba en Solibri Fuente propia .....	21
<b>Figura IX</b> IFC WebGL VIEWER Fuente propia .....	21
<b>Figura X</b> IFC JAVA Viewer Fuente propia .....	22
<b>Figura XI</b> Ejemplo de prueba en aplicación Tekla BIMsight Fuente propia .....	22
<b>Figura XII</b> Anotaciones en modelo 3D en aplicación A360 Fuente propia.....	23
<b>Figura XIII</b> Visualizador modelo 3D en aplicación BIMx Fuente propia.....	24
<b>Figura XIV</b> Visualizador VR en aplicación BIMx Fuente propia .....	24
<b>Figura XV</b> Visualizador SketchFab de modelo exportado en Revit Fuente propia .....	25
<b>Figura XVI</b> Cuentas modelo.io Fuente propia .....	26
<b>Figura XVII</b> Segra VR. Fuente <a href="http://www.hkvr.info">http://www.hkvr.info</a> .....	27
<b>Figura XVIII</b> Cardboard. Fuente <a href="http://www.ebay.com">www.ebay.com</a> .....	28
<b>Figura XIX</b> Inmobiliaria con VR Fuente: <a href="http://myinmobiliaria.es/realidad-virtual">http://myinmobiliaria.es/realidad-virtual</a> ....	28
<b>Figura XX</b> Visita inmobiliaria Fuente propia.....	29
<b>Figura XXI</b> Vista en VR de una vivienda Fuente <a href="http://www.inmoblog.com">http://www.inmoblog.com</a> .....	29
<b>Figura XXII</b> Formatos modelo.io. Fuente propia .....	31
<b>Figura XXIII</b> Edificio calabaza. Fuente <a href="https://www.google.es/maps">https://www.google.es/maps</a> .....	32
<b>Figura XXIV</b> Vista 3D edificio de estudio. Fuente <a href="https://www.google.es/maps">https://www.google.es/maps</a> .....	32
<b>Figura XXV</b> Trabajo de campo (instalación contra incendios) Fuente propia.....	33
<b>Figura XXVI</b> Croquis (instalación contra incendios) Fuente propia .....	33
<b>Figura XXVII</b> Importar CAD Fuente propia .....	34
<b>Figura XXVIII</b> Plano importado en Revit Fuente propia .....	34
<b>Figura XXIX</b> Comprobación de cotas en Revit Fuente propia .....	35

<b>Figura XXX</b>	Niveles en Revit Fuente propia .....	35
<b>Figura XXXI</b>	Plano de planta con diferentes rejillas y secciones Fuente propia .....	36
<b>Figura XXXII</b>	Propiedades familia extintor. Fuente propia .....	37
<b>Figura XXXIII</b>	Boca de incendio. Fuente propia .....	37
<b>Figura XXXIV</b>	Sección vertical Fuente propia.....	38
<b>Figura XXXV</b>	Modelo terminado en Revit, vista 3D Fuente propia .....	38
<b>Figura XXXVI</b>	Renderizado de modelo3D Fuente propia.....	39
<b>Figura XXXVII</b>	Plugin modelo.io para Revit Fuente propia.....	40
<b>Figura XXXVIII</b>	Plugin en Revit Fuente propia .....	40
<b>Figura XXXIX</b>	Model exporter Fuente propia.....	41
<b>Figura XL</b>	Exportación de modelo en Revit Fuente propia .....	41
<b>Figura XLI</b>	Miembros del proyecto en modelo.io Fuente propia .....	42
<b>Figura XLII</b>	Menú vistas modelo.io Fuente propia .....	43
<b>Figura XLIII</b>	Barra de herramientas en la web modelo.io Fuente propia.....	43
<b>Figura XLIV</b>	Barra de herramientas en la aplicación móvil modelo.io Fuente propia. 43	
<b>Figura XLV</b>	Función Sketch en modelo.io Fuente propia .....	44
<b>Figura XLVI</b>	Función Sketch a mano alzada en modelo.io Fuente propia.....	44
<b>Figura XLVII</b>	Circulo en modelo.io Fuente propia .....	44
<b>Figura XLVIII</b>	Herramienta texto en modelo.io Fuente propia.....	45
<b>Figura XLIX</b>	Función Coments en modelo.io Fuente propia .....	45
<b>Figura L</b>	Ejemplo de comentario en modelo.io Fuente propia.....	46
<b>Figura LI</b>	Interactuación en modelo.io Fuente propia.....	46
<b>Figura LII</b>	PDF añadido en vista 3D en modelo.io Fuente propia.....	47
<b>Figura LIII</b>	Screenshot en modelo.io Fuente propia.....	47
<b>Figura LIV</b>	Herramienta tools en modelo.io Fuente propia.....	48
<b>Figura LV</b>	Sección en modelo.io Fuente propia .....	48
<b>Figura LVI</b>	Medición en modelo.io Fuente propia .....	49
<b>Figura LVII</b>	Walkthrough en modelo.io Fuente propia.....	49
<b>Figura LVIII</b>	Función walkthrough en modelo.io Fuente propia .....	49
<b>Figura LIX</b>	Recorrido en función walkthrough en modelo.io Fuente propia .....	50
<b>Figura LX</b>	Vista de cámara en Revit Fuente propia.....	51
<b>Figura LXI</b>	Renderizacion en Cloud Fuente propia.....	52
<b>Figura LXII</b>	Render en Autodesk A360 Fuente propia .....	52
<b>Figura LXIII</b>	Renderizado 360° en A360 Fuente proia .....	53

<b>Figura LXIV</b> Vista VR desde Smartphone Fuente propia .....	53
<b>Figura LXV</b> Vista de aplicación móvil modelo.io Fuente propia .....	54
<b>Figura LXVI</b> Colocación del dispositivo móvil en VR Fuente propia .....	55
<b>Figura LXVII</b> Vista modelo 3D con dispositivo móvil en VR Fuente propia.....	55

# **1. RESUMEN**

El objetivo del presente Trabajo Fin de Grado es doble. Por un lado, aprender a confeccionar un modelo BIM. Para ello se realizará un caso práctico, el edificio Calabaza de la universidad de La Laguna incluyendo alguna de las instalaciones del mismo. Como datos iniciales se parten de los planos en AutoCAD de dicho edificio. Adicionalmente, se realiza un trabajo de campo para tomar medidas adicionales a las del plano (altura), instalación contraincendios y chequear la validez de los datos.

Por otro lado, la necesidad de visualizar y realizar anotaciones en dichos modelos por cualquier integrante del ciclo de vida del mismo (Ingeniero, técnico, operario, mantenimiento, como el mismo dueño o encargado), hace necesario disponer de alguna herramienta para ello.

Por eso en este proyecto a parte del modelado BIM, se pretende analizar la manera de visualizar modelos y realizar anotaciones mediante herramientas web y aplicaciones de dispositivos móviles (teléfonos móviles, Tablet) y de realidad virtual. Para ello se realizará con una aplicación, un caso práctico con el modelo 3D anterior.

## **1. ABSTRACT**

The aim of the present Final Degree has two main goals. On the one hand, learn how to make a BIM model. To carry it out, there will be made a practical case, the “Calabaza” building of the University of La Laguna, including some of its installations. The initial data is collected from the drawings on AutoCAD of the mentioned building. In addition, a field work is done to have some additional measures such as fire protection systems and check the reality of the data.

On the other hand, the need to visualize and annotate these models by any lifecycle’s member of it (engineer, technician, operator, maintenance, as the owner or manager), makes necessary to have some tool for that.

That is why, in this project, apart from BIM modeling, it is intended to analyze the way to visualize models and annotations using web tools and applications of mobile devices (mobile phones, Tablet) and virtual reality. Furthermore, a practical case with the previous 3D model.

## **2. JUSTIFICACION Y OBJETIVO**

La principal razón de haber realizado este proyecto es conocer una nueva metodología de trabajo en el ámbito de la ingeniería y la arquitectura, denominada BIM (Building Information Modeling). Adicionalmente, el trabajo en equipo es cada vez más común en estos entornos y por lo tanto muchas veces se necesitan herramientas que permitan la visualización y anotación de modelos BIM.

Por lo tanto este proyecto se inicia con los siguientes objetivos:

- Conocer la metodología BIM
- Analizar el software BIM existen en el mercado
- Seleccionar un programa BIM para poder realizar un caso práctico
- Buscar herramientas de visualización y anotaciones en modelos 3D
- Conocer los entornos de realidad virtual
- Realizar un caso práctico de todo lo anterior:
  - Edificio Calabaza del Campus Ancheta de la ULL

### **3. ANTECEDENTES**

Se redacta este estudio para la obtención de la asignatura Trabajo Fin de Grado del Grado en Ingeniería Electrónica y Automática a petición de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Civil e Industrial

Tradicionalmente los planos de los proyectos de ingeniería y arquitectura se han realizado con programas CAD 2D, como por ejemplo Autocad. En la actualidad se está produciendo un cambio, donde los proyectos se diseñan en 3D, utilizando la metodología BIM. Dicho cambio viene asociado con las anotaciones, pasando de hacer anotaciones o croquis en los planos 2D para pasar a hacerlas en los actuales modelos 3D.

## 4. SOFTWARE BIM

Las siglas BIM (Building Information Modeling) que significan (Modelado de Información de Edificios) se pueden describir de varias formas:

El software BIM no es simplemente un programa para modelar en 2D o 3D, el software BIM imita el proceso real de construcción. En lugar de crear dibujos con líneas 2D se construyen los edificios de forma virtual modelándolos con elementos reales de construcción, como muros, ventanas, cubiertas, etc... Los modelos BIM no solo contienen datos arquitectónicos sino también toda la información interna del edificio, incluyendo todos los datos de ingeniería como las estructuras de carga, instalación eléctrica, instalación contraincendios e incluso la información sobre sostenibilidad, permitiendo realizar simulaciones de las características del edificio.

En España, el ministerio de Fomento con la comisión BIM fundada en Noviembre de 2014 están trabajando en la implantación el uso del BIM a nivel nacional implicando a todos los miembros del sector, públicos y privados. Como objetivo en el año 2020 todos los equipamientos y las infraestructuras públicas deberán producirse en BIM en todas las fases (diseño – construcción – mantenimiento)

### Hoja de Ruta: B.I.M. en España

#### *Hitos en la licitación pública*



**Figura I** Hoja de Ruta BIM en España Fuente <https://www.ineco.com>

En España existe una gran cantidad Organismos e Instituciones las cuales forman la comisión BIM en España, para la implantación del uso del BIM en España como se puede observar en la Figura II.



Figura II Comisión BIM en España Fuente <https://www.ineco.com>

Según un estudio realizado en el año 2014 como podemos ver en la Figura III, donde se ve el mapa mundial de implantación BIM. Hay países donde ya es obligatorio el uso de BIM en proyectos públicos y donde se están realizando iniciativas para su uso, un ejemplo de ello es España.

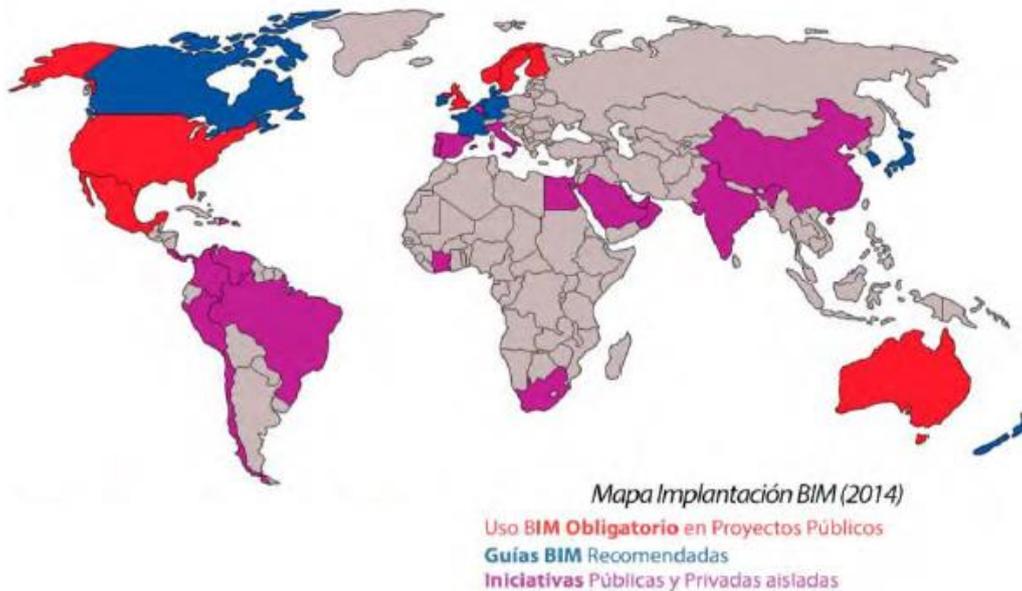


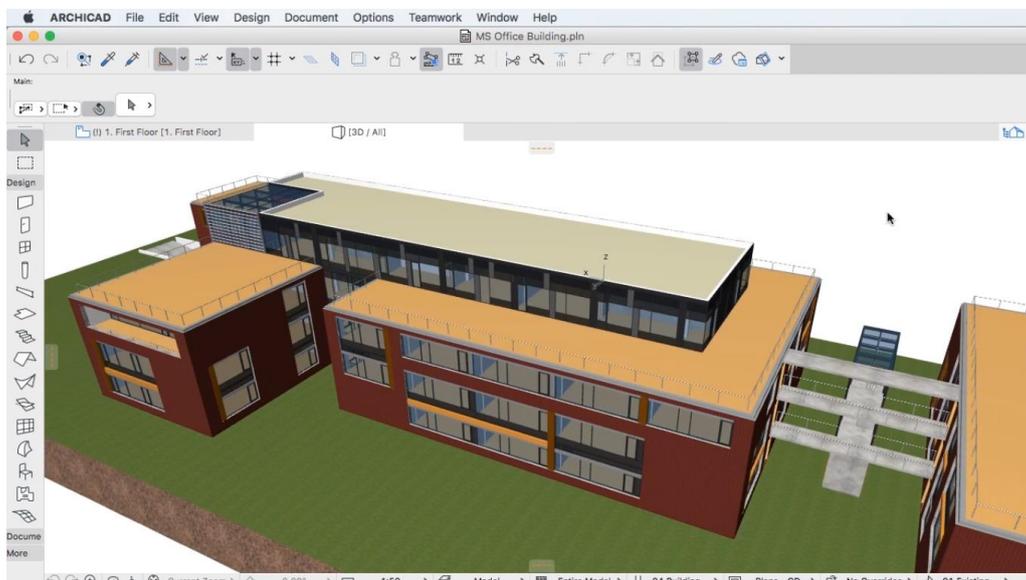
Figura III Implantación BIM año 2014 Fuente <https://www.ineco.com>

Entre los programas BIM que podemos encontrar en el mercado, podemos destacar Revit, AllPlan y ArchiCAD. De cada uno de ellos se va a realizar un pequeño resumen de sus características principales y una comparativa entre ellos.

## 4.1 ArchiCAD

ArchiCAD, es el primer programa BIM que salió en el mercado, con más de 30 años desde su creación. Podemos destacar las siguientes características:

- **Fecha de creación:** 1982
- **Empresa de Software:** Graphisoft
- **Página web:** <http://www.graphisoft.com/archicad/>
- **Sistemas Operativos:** Windows, Mac OS X
- **Primera versión:** Radar CH Conocida como ArchiCAD 1 (año 1984)
- **Versión Actual:** ArchiCAD 20 (Junio de 2016)
- **Archivos de importación y exportación:**
  - DWG
  - DXF
  - IFC
  - SKP (SketchUp)
- **Versión para móvil:**
  - **Nombre:** BIMx y BIMx PRO
  - **Sistema operativo:** IOS y Android
  - **Precio:** (versión gratuita y de pago 49,99 Euros Appstore)
- **Versión en la nube:** BIM CLOUD 2014
- **Genera imágenes 360 grados para VR:** Si, tiene la opción VR solo para IOS
- **Licencia educativa:** Si, dispone de licencia educativa gratuita por 1 año



**Figura IV** Ejemplo de modelo realizado en archiCAD Fuente <http://www.graphisoft.com/archicad>

## 4.2 AllPlan

AllPlan es un software BIM, muy utilizado en Alemania mientras que en EE.UU y España es prácticamente desconocido. Podemos destacar las siguientes características:

- **Fecha de creación:** 1984
- **Empresa de Software:** ALLPLAN del Grupo NEMETSCHEK
- **Página web:** <https://www.allplan.com/>
- **Sistemas Operativos:** Windows
- **Primera versión:** Allplan V1 (año 1984)
- **Versión Actual:** Allplan 2017
- **Archivos de importación y exportación:**
  - .dxf, .dwg, (Formato AutoCAD)
  - .pdf, (Formato Adobe PDF 2D y PDF 3D) importación de vectores
  - .dgn (formato Microstation)
  - .plt (formato de impresión HPGL)
  - .c4d (formato Cinema 4D)
  - .skp (formato SketchUp)
  - .rLC (formato raster)
  - .asc (formato ASCII)
  - .ifc (formato Industrie Fondation Classes)
- **Versión para móvil:** Solo dispone versión para iPad
  - **Nombre:** bim+
  - **Sistema operativo:** iOS 9.2 o posterior. Compatible con iPad.
  - **Precio:** Gratuito hasta 2Gb de almacenamiento, 10€ al mes por 10 Gb adicionales
- **Versión en la nube:** si, bim+
- **Genera imágenes 360 grados para VR:** No
- **Licencia educativa:** Si, dispone de licencia educativa gratuita por un año, pudiendo ser renovada enviando prueba actual de la condición de estudiante.



Figura V modelo realizado en ALLPLAN Fuente <https://www.allplan.com>

## 4.3 Revit

Revit es un software BIM de reciente creación bajo la compañía Autodesk. Podemos destacar las siguientes características:

- **Fecha de creación:** 1997 con el nombre Charles River Software
- **Empresa de Software:** Autodesk
- **Página web:** <http://www.autodesk.es/products/revit-family/overview>
- **Sistemas Operativos:** Windows
- **Primera versión:** Revit 1.0 (Abril 2010)
- **Versión Actual:** Autodesk Revit 2017 (Abril 2016)
- **Archivos de importación y exportación:**
  - Formato CAD: DWG DXF DGN SAT
  - DWF/DWFX
  - ADSX
  - FBX
  - gbXML
  - IFC
  - GDBC
- **Versión para móvil:**
  - **Nombre:** A360
  - **Sistema operativo:** IOS y Android
  - **Precio:** Gratuita
- **Versión en la nube:** Si, Autodesk 360
- **Genera imágenes 360 grados para VR:** Si, dispone de la creación de vistas 360° desde Revit, pero no desde la aplicación móvil A360
- **Licencia educativa:** Si, tiene un uso de tres años con posibilidad de renovarse otros tres años más

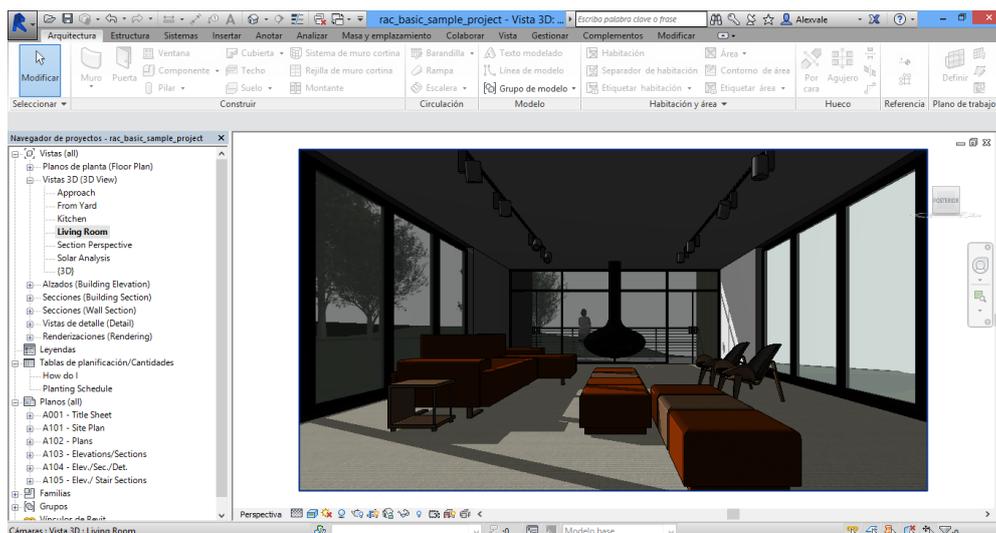


Figura VI Ejemplo de proyecto de arquitectura en Revit Fuente propia

Nemetschek posee dos programas que hacen lo mismo AllPlan y Archicad. La gradual pérdida de usuarios de AllPlan puede hacer que en el futuro decidan apostar todo por Archicad. Teniendo en cuenta esos factores los programas BIM que parece que se va a imponer en el futuro serán Autodesk Revit y Archicad.

Es interesante señalar que Revit solo se puede usar en sistemas operativos Windows, mientras que Archicad tiene el software disponible para las dos plataformas (Windows y Mac).

Los tres programas analizados anteriormente disponen de licencias educativas. Autodesk Revit posee la licencia educativa más larga, tres años con posibilidad de renovar otros tres años frente a un año con posibilidad de renovar otro año en AllPlan y Archicad.

De las aplicaciones propias de los programas analizados cabe a destacar BIMx de Archicad frente a A360 y bim+, ya que es una aplicación que nos permite visualizar modelos de ArchiCAD en cualquier dispositivo móvil, tanto Android como iOS. Nos permite realizar mediciones, cortes y también dispone de un visualizador de realidad virtual.

## 4.4 Software BIM elegido

En el presente proyecto, se va a utilizar el software Autodesk© Revit 2015. Las razones por las que he escogido este software frente a otros son las siguientes:

- Recomendación del tutor del proyecto José Luis Saorín Pérez
- El conocimiento previo de programas de la familia Autodesk como AutoCAD y la importación y exportación de archivos entre ellos
- La intuitiva y fácil interface que ofrece Revit
- La extensa biblioteca de familias para Revit
- Licencia gratuita de 3 años para estudiantes

## **5. ANOTACIONES EN PROYECTOS DE INGENIERIA**

Desde los comienzos de la ingeniería ha sido necesario llevar a cabo anotaciones en los planos y modelos, para comunicar las intenciones de diseño y/o fabricación a otros usuarios. Para ello se crearon las normas de acotación. En 1994 fue creada la norma UNE 1-0399-94 ACOTACIÓN equivalente a ISO 129. Esta norma establece los principios generales de acotación aplicables a los dibujos técnicos de todos los sectores (mecánica, electricidad, ingeniería civil, etc.). Acotar consiste en la consignación de las medidas de los objetos distribuidas entre las vistas, cortes y secciones, así como en los dibujos de conjunto.

En la actualidad, con la creación de modelos 3D, las normas han evolucionado para incorporar la posibilidad a las acotaciones 3D creándose en este sentido la norma ISO 1101:2012. Este tipo de anotaciones 3D no son tan comunes en la industria de la construcción como en otros sectores como por ejemplo la automoción. Los modelos BIM, suelen incorporar un módulo de creación de planos, que se pueden anotar siguiendo las norma de anotación 2D UNE 1-0399-94 ACOTACIÓN

En los entornos donde se produce trabajo colaborativo, el intercambio de mensajes entre diferentes partes del proyecto es fundamental. Esto es muy común en proyectos BIM, ya que los proyectos de edificación e infraestructuras suelen reunir muchas disciplinas diferentes. Para facilitar el intercambio de mensajes, se ha creado el Formato de intercambio de Mensajes normalizado denominado BCF (BIM Communication Format)

El problema de este formato es que está pensado para personas que trabajan dentro del mismo entorno BIM y no contempla la posibilidad de que existan grupos de trabajo que no dispongan de programas de este estilo. (Por ejemplo un cliente, una administración, una comunidad de vecinos...). Para solucionar los problemas de trabajo en grupo, donde los participantes no disponen de herramientas BIM, se necesita un tipo de aplicación diferente, más informal que permita la anotación y la visualización de modelos BIM.

Para realizar esta tarea, en grupos informales existen diferentes opciones que se nombraran en el siguiente apartado.

## 6. VISUALIZADOR 3D

Los visualizadores de modelos 3D son necesarios para poder compartir y visualizar los modelos digitales sin necesidad de que todas las personas dispongan de la aplicación de modelado original. No todos los programas resuelven este problema de la misma Manera. En este trabajo se van a detallar tres opciones que permiten la visualización de modelos 3D. Cada una de estas opciones tiene sus ventajas e inconvenientes para el trabajo colaborativo y la anotación de modelos.

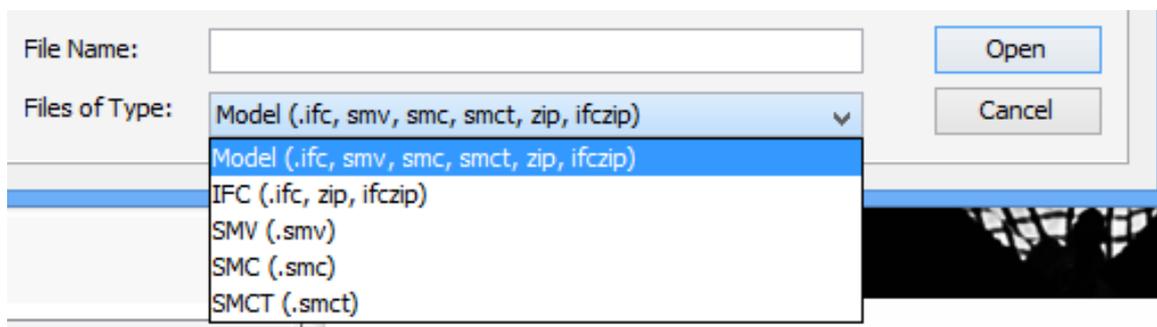
### 6.1 Formato IFC

Existe un formato neutro, que permite que un modelo BIM realizado con una aplicación, pueda ser visualizado por otra. El formato IFC (Industry Foundation Classes) es un modo estándar intercambio de objetos en la industria de la construcción para evitar la pérdida de información al transferir archivos entre diferentes aplicaciones. IFC es compatible con la mayoría de programas de estructuras, MEP y arquitectura, así como la mayoría de aplicaciones BIM.

De esta manera, se puede exportar el modelo BIM a formato IFC y utilizar visualizadores de ese formato. Entre otros destacan Solibri Model Viewer, IFC JAVA VIEWER WebStart, IFC WebGL Viewer y Tekla BIM Sight.

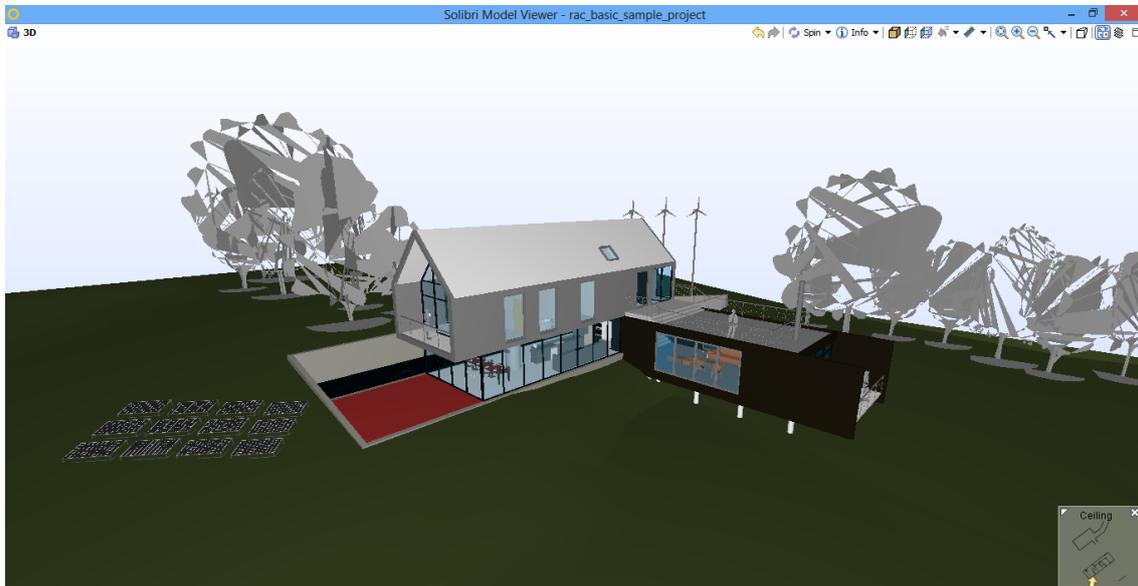
- **Solibri Model Viewer**

Solibri Model Viewer es un visor de modelos 3D de la compañía Nemesketch Company. Dispone de versiones para Windows y Mac con una versión gratuita. Dispone de varios formatos para importar nuestro modelo 3D entre ellos destaca el formato neutro IFC.



**Figura VII** Tipos de archivo Solibri Fuente propia

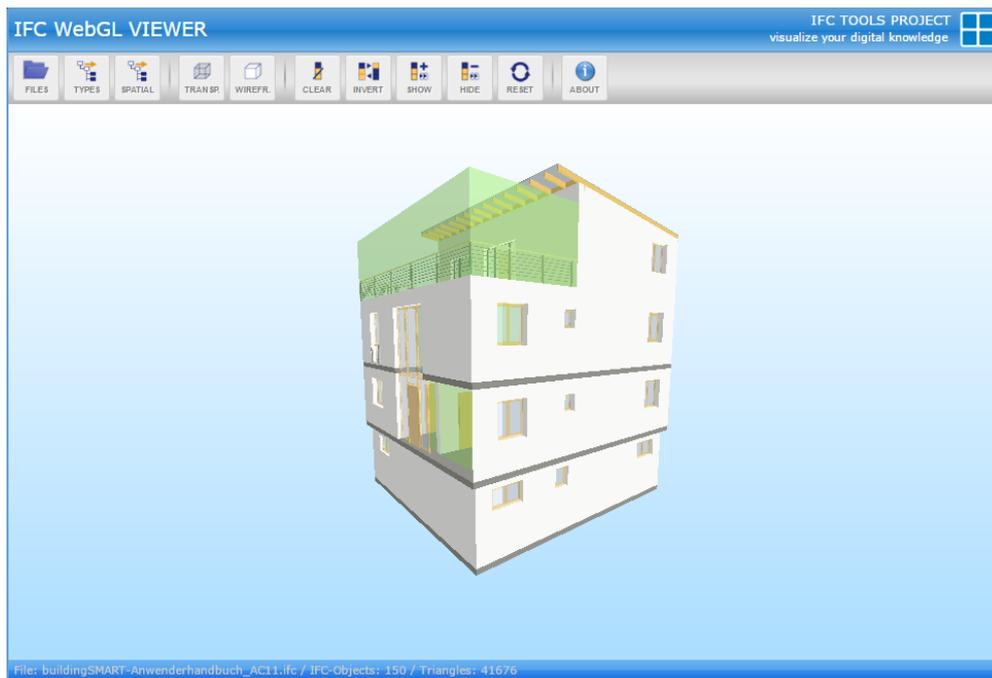
Se realiza una prueba, descargando el programa y subiendo el archivo IFC previamente exportado del programa Revit para comprobar su funcionamiento y las opciones disponibles para nuestro proyecto.



**Figura VIII** Ejemplo de prueba en Solibri Fuente propia

- **IFC WebGL Viewer**

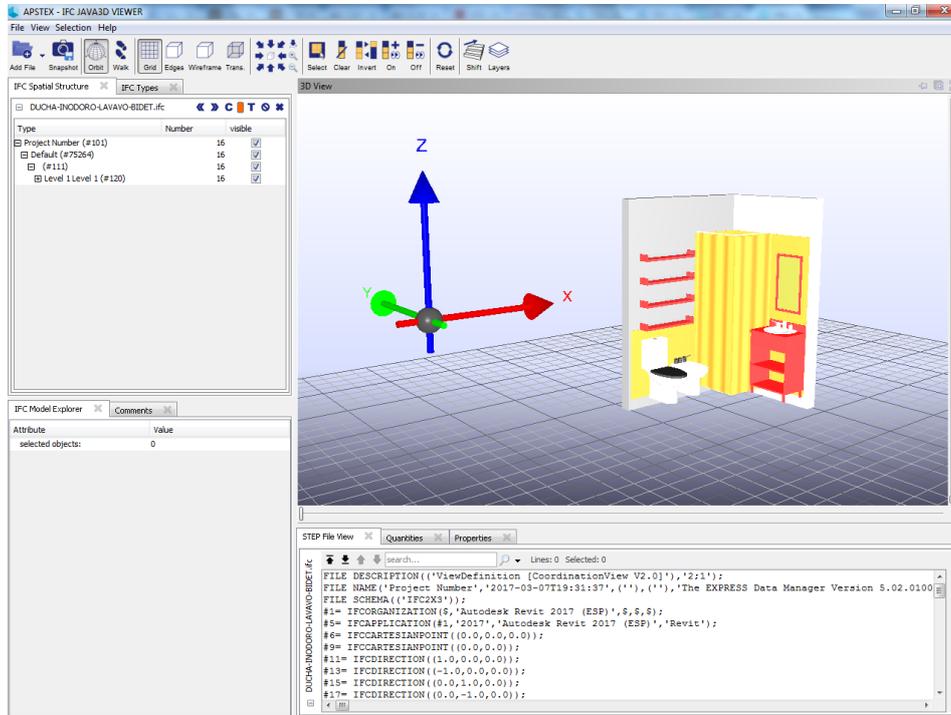
- IFC WebGL Viewer es una aplicación web que permite visualizar modelos 3D desde un archivo IFC. La aplicación dispone de pocas funciones para la visualización del modelo y no dispone la opción de realizar anotaciones en el modelo.



**Figura IX** IFC WebGL VIEWER Fuente propia

- **IFC JAVA VIEWER WebStart**

Se trata de un visor de escritorio creado en el lenguaje de programación Java, donde se permite la visualización modelos 3D en formato IFC. Para Utilizar esta aplicación necesitamos tener instalado Java



**Figura X** IFC JAVA Viewer Fuente propia

También existen visualizadores IFC para dispositivos móviles donde se puede destacar **Tekla BIMsight**. Esta aplicación está pensada para poder utilizar los archivos IFC y modelos BIM, creados con cualquier aplicación, en tabletas y Smartphone. Permitiendo a los integrantes del proyecto identificar y resolver problemas que se encuentran en la fase de diseño antes de la construcción final. En esta aplicación no se pueden realizar anotaciones en el modelo 3D, siendo esta una desventaja para su uso.



**Figura XI** Ejemplo de prueba en aplicación Tekla BIMsight Fuente propia

## 6.2: Formatos propietarios para visualización en dispositivos móviles

Los programas de modelado BIM suelen disponer de una versión para dispositivos móviles o al menos una aplicación para la visualización de sus modelos en Smartphone o Tablet. Para ello vamos a ver en este apartado algunos ejemplos:

- **REVIT**

En el caso de REVIT, si se realiza un modelo existen varias maneras de visualizarlo sin disponer del programa original. Autodesk proporciona un espacio en la nube denominado A360 donde se puede almacenar el fichero BIM nativo de REVIT y visualizarlo desde cualquier dispositivo móvil. Autodesk 360 es un visor de archivos genéricos para la edición de los dibujos ubicados en una cuenta Autodesk 360 o archivos en 2D/3D DWG, DWF y RVT entre otros. Cuenta con zoom y panorámica, así como la capacidad de rotar y realizar anotaciones en el modelo 3D.



**Figura XII** Anotaciones en modelo 3D en aplicación A360 Fuente propia

Con esta aplicación podemos visualizar y realizar anotaciones en el modelo 3D pero no nos permite el trabajo colaborativo, siendo esta una desventaja para su uso colaborativo.

- **ArchiCAD**

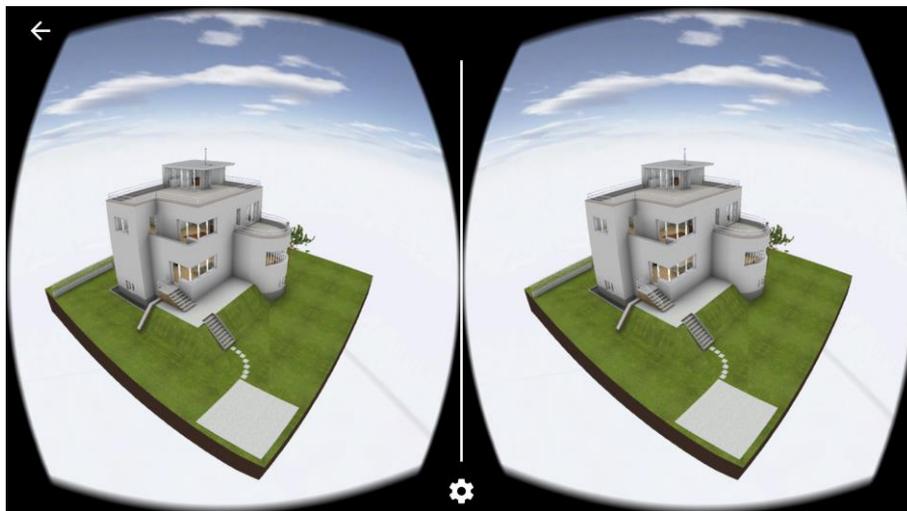
Dispone de dos versiones propias para Smartphone:

- -Una versión gratuita **BIMx eXplorador BIM** (disponible para IOS y Android) la cual nos permite visualizar modelos de ArchiCAD en el dispositivo móvil, realizar mediciones, cortes y un visualizador de realidad virtual.



**Figura XIII** Visualizador modelo 3D en aplicación BIMx Fuente propia

- Una versión de pago **BIMx PRO** (solo disponible para IOS) la cual aparte de realizar las funciones de BIMx eXplorador dispone de un Vínculo Externo para Acceder a Elementos y la integración de BIMcloud para la mensajería en equipo y con ello la posibilidad de realizar trabajo colaborativo.

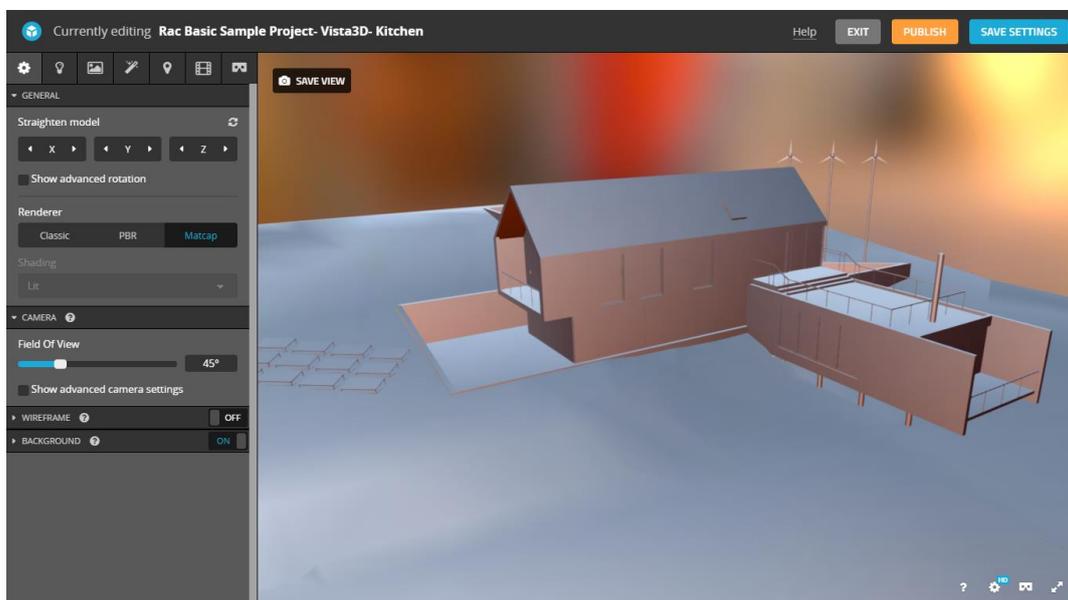


**Figura XIV** Visualizador VR en aplicación BIMx Fuente propia

## 6.3 Visualización directa en aplicaciones web

Actualmente está apareciendo una nueva tendencia que permite visualizar modelos 3D sin necesidad de instalar ningún programa, sino utilizando aplicaciones web. Entre las aplicaciones existentes, podemos destacar Sketchfab y Modelo.io.

Sketchfab fue creado en marzo de 2012. Es un servicio web para publicar, compartir e integrar modelos 3D. También incorpora la opción de poder visualizar los modelos en VR con su aplicación móvil. Para visualizar los modelos realizados en Revit, el único formato compatible es el FBX el cual nos guarda solo una vista del modelo, siendo poco útil para el propósito de este proyecto.



**Figura XV** Visualizador SketchFab de modelo exportado en Revit Fuente propia

Por otro lado Modelo.io aparte de ser un visualizador de modelos 3D, es una plataforma de colaboración en modelos 3D, incluyendo una serie de opciones para realizar anotaciones en modelos 3D, vista en realidad virtual desde su aplicación para Smartphone y la posibilidad de trabajo colaborativo.

Modelo.io dispone de tres opciones:

- Una versión gratuita para modelos de hasta 50 Mb.
- Otra versión de pago (suscripción de 25€ al mes)
- Otra versión para empresas, la cual próximamente se conocerán los precios y añadirá más opciones a las versiones anteriormente nombradas

Empezar a colaborar en 3D con un número ilimitado de colaboradores, de forma gratuita.

The image displays three pricing plans for modelo.io, each with a corresponding illustration at the top. The 'Gratis' plan shows a person on a staircase. The 'Estudio' plan shows two people reviewing a model. The 'Empresa' plan shows a person at a computer with tools on the wall.

Plan	Costo	Usuarios	Almacenamiento	Subida de modelo	Proyectos/Colaboradores	Visualización	Soporte
Gratis	\$ 0	1	5 GB	Hasta 50 MB	Ilimitado	VR, Correo y chat	24 horas
Estudio	\$ 25	10	1 TB compartido	Hasta 1 GB	Ilimitado	VR, Compartir enlaces	24 horas
Empresa	Contáctenos	Más de 10	Ilimitada	Ilimitado	Ilimitado	VR, Compartir enlaces	12 horas

**Gratis**

\$ 0 Por mes

REGÍSTRATE GRATIS

- 1 usuario
- 5 GB de almacenamiento
- Hasta 50 MB por la subida del modelo
- Un número ilimitado de proyectos y colaboradores
- VR visualización
- Correo electrónico y chat en

**Estudio**

\$ 25 Por mes

1 usuario

START 14 días de prueba gratuita

- Hasta 10 usuarios
- 1 TB de almacenamiento compartido
- Hasta 1 GB por la subida del modelo
- Un número ilimitado de proyectos y colaboradores
- VR visualización
- compartir enlaces cliente
- controles de permisos de usuario
- Soporte respuesta dentro de las 24 horas

**Empresa**

Contáctenos

sales@modelo.io

Solicitar una demostración

- Más de 10 miembros del equipo
- ilimitada de almacenamiento
- Ilimitado tamaño de subida de archivos
- Un número ilimitado de proyectos y colaboradores
- VR visualización
- compartir enlaces cliente
- controles de permisos de usuario
- Soporte respuesta dentro de las 12 horas

PRÓXIMAMENTE

- On-Demand de la nube de representación
- Control de usuarios

Figura XVI Cuentas modelo.io Fuente propia

## **7. VR (REALIDAD VIRTUAL)**

En el ámbito de este TFG trabajaremos con la realidad virtual que se puede visualizar mediante gafas a las que se le añaden Smartphone para generar la sensación de inmersión en el entorno 3D.

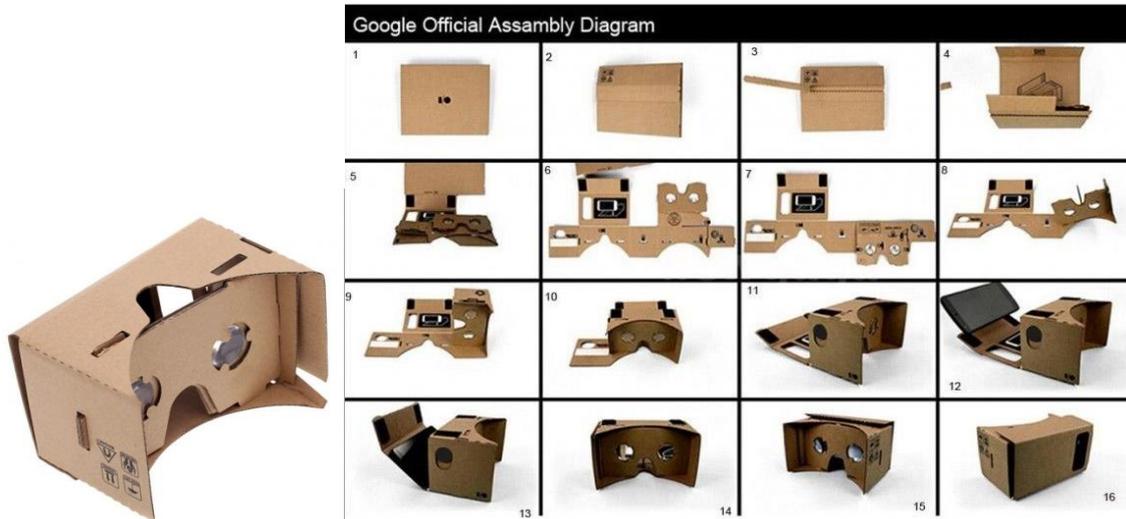
La realidad virtual, no es un concepto nuevo, desde el año 1838 Charles Wheastone, creo el primer estereoscopio que consistía en una especie de gafas en las que se situaban dos imágenes distintas en cada ojo creando una sensación de profundidad.

Gracias al mundo de los videojuegos en los años 90, se dio un avance al mundo de la realidad virtual con gafas como Sega VR



**Figura XVII** Sega VR. Fuente <http://www.hkvr.info>

En la actualidad la realidad virtual se utiliza en ámbitos como la medicina, la arqueología, el entrenamiento militar o las simulaciones de vuelo. Aprovechando las nuevas tecnologías de dispositivos móviles con cada vez más resolución en la pantalla y numerosos sensores y giroscopios. Se utilizan como herramienta principal para elaborar unas gafas de realidad virtual a un precio asequible. Un claro ejemplo son las gafas de google cardboard (Figura XVIII), que por unos pocos euros, se pueden montar unas gafas VR de cartón.



**Figura XVIII** Cardboard. Fuente [www.ebay.com](http://www.ebay.com)

La VR en el campo de la arquitectura tiene mucho sentido ya que es recomendable/necesario la inmersión en entornos arquitectónicos previos a la construcción. En arquitectura siempre se han utilizado infografías para que los clientes visualicen mejor el resultado final y la VR en realidad permite mejorar estas técnicas con una gran sensación de realidad e integración en el modelo.

Por ejemplo, existen inmobiliarias que ofrecen a sus clientes recorridos en VR por las viviendas que quieren promocionar, pudiendo visualizar varias viviendas sin salir de su propia casa en un corto periodo de tiempo y con una gran sensación de realismo.



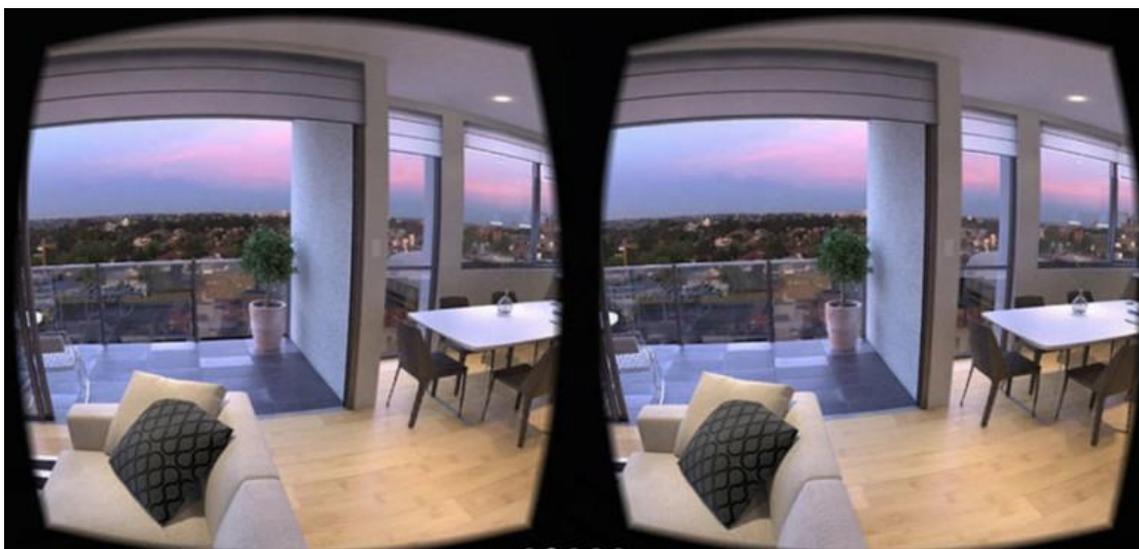
**Figura XIX** Inmobiliaria con VR Fuente: <http://myinmobiliaria.es/realidad-virtual>

Se realiza una visita a una inmobiliaria con la posibilidad de visualizar los pisos en venta y alquiler con las gafas de realidad virtual.



**Figura XX** Visita inmobiliaria Fuente propia

Ha sido una buena visita ya que aparte de preguntar información sobre el uso de la VR en el sector de la inmobiliaria (programas que utilizan, tipo de gafas, obtención de imágenes 360°...) se realiza una visita virtual a una vivienda que tienen en venta.



**Figura XXI** Vista en VR de una vivienda Fuente <http://www.inmoblog.com>

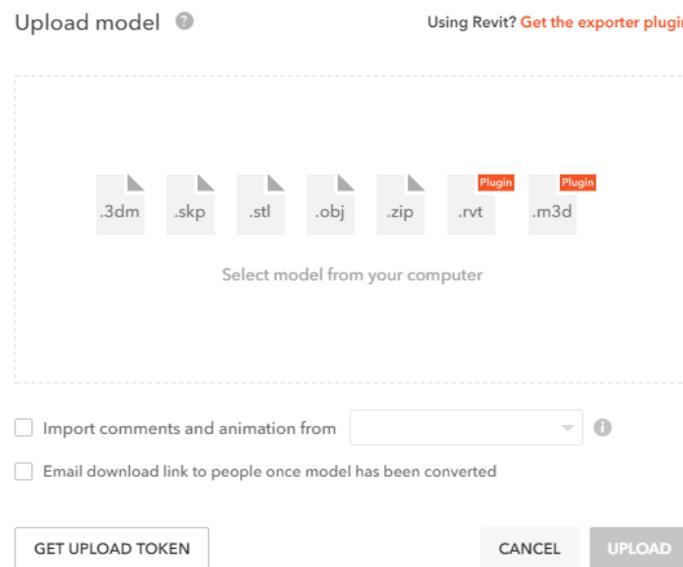
A nivel técnico de diseño, en la creación de modelos 3D, puede ser interesante el uso de la VR a la hora de detectar problemas técnicos antes de su construcción, pudiendo visualizar los modelos 3D asemejándose a la realidad con mucha más claridad que antiguamente con los planos 2D. Los programas BIM y los visualizadores 3D están incorporando cada vez más la opción de ver los modelos mediante VR, viendo que es una apuesta de futuro en el ámbito de la ingeniería y la arquitectura.

## 8. CASO PRÁCTICO

Tal y como se ha indicado en el punto 4 el software escogido para el caso práctico es Autodesk REVIT.

Como visualizador se ha seleccionado, el programa Modelo.io ya que es una aplicación completamente online, simplemente con un PC, un navegador web y una conexión a internet se puede utilizar sin problemas. La aplicación móvil si hay que tenerla instalada en nuestro Smartphone, pero es una aplicación de poco peso (20Mb).

Este programa admite modelos 3D de diferentes formatos, entre ellos REVIT.



The screenshot shows the 'Upload model' interface on the Modelo.io website. At the top left, it says 'Upload model' with a help icon. To the right, it says 'Using Revit? Get the exporter plugin'. Below this is a large dashed box containing a row of file format icons: .3dm, .skp, .stl, .obj, .zip, .rvt (with a 'Plugin' label), and .m3d (with a 'Plugin' label). Below the icons is the text 'Select model from your computer'. Underneath the dashed box are two checkboxes: 'Import comments and animation from' (with a dropdown menu) and 'Email download link to people once model has been converted'. At the bottom are three buttons: 'GET UPLOAD TOKEN', 'CANCEL', and 'UPLOAD'.

**Figura XXII** Formatos modelo.io. Fuente propia

## 8.1 Creación del modelo BIM

### Descripción

El edificio escogido es el edificio Calabaza de la universidad de La Laguna. Adicionalmente se incluye la instalación contraincendios del mismo. Como datos iniciales se parten de los planos en AutoCAD de dicho edificio. Adicionalmente, se realiza un trabajo de campo para tomar medidas adicionales a las del plano (altura), instalación contraincendios y chequear la validez de los datos.



Figura XXIII Edificio calabaza. Fuente <https://www.google.es/maps>

En la Figura XXIV se muestra una vista en 3D del edificio calabaza de la ULL situado en la Av. Astrofísico Francisco Sánchez, 38206 San Cristóbal de La Laguna, Santa Cruz de Tenerife.



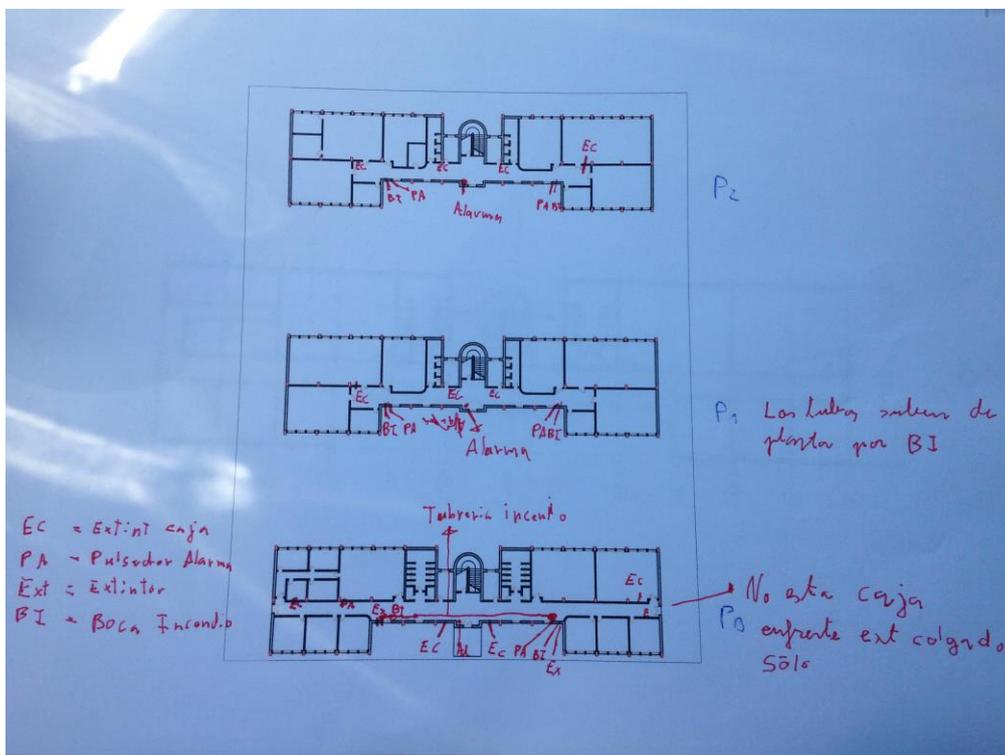
Figura XXIV Vista 3D edificio objeto de estudio. Fuente <https://www.google.es/maps>

Partiendo de unos planos cedidos por el tutor en formato dwg (AutoCAD). Se realiza un trabajo de campo para poder anotar mediciones de alturas de techos, toma de fotografías de la instalación contraincendios y realizar un croquis de la misma.



**Figura XXV** Trabajo de campo (instalación contraincendios) Fuente propia

Tras la realización de nuestro trabajo de campo, obtenemos el croquis de la instalación contraincendios como se puede ver en la Figura XXVI.



**Figura XXVI** Croquis (instalación contraincendios) Fuente propia

Una vez realizado el trabajo de campo y el croquis de la instalación contraincendios, lo primero que se hace es importar el archivo de AutoCAD a Revit. Para ello en la pestaña insertar, pulsaremos la opción Importar CAD ya que no queremos que posteriormente el archivo dwg sufra ninguna modificación, en caso contrario tendríamos que elegir la opción vincular.

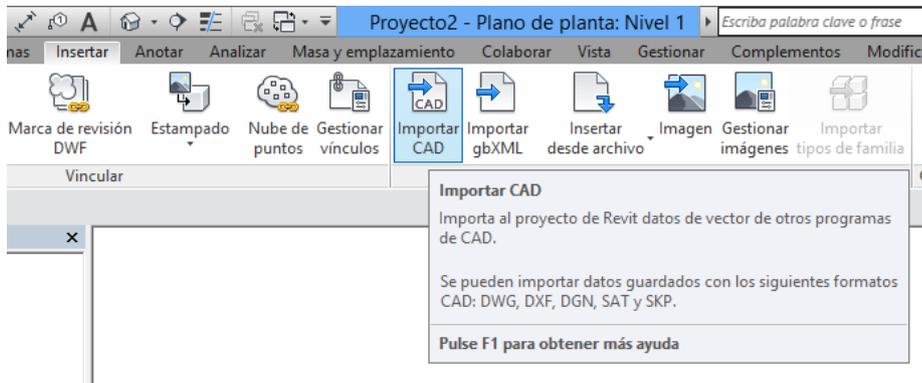


Figura XXVII Importar CAD Fuente propia

Una vez tenemos importado nuestro plano en Revit, hacemos una simple comprobación de medidas para comprobar que se ha hecho la importación correctamente, para ello tomamos alguna medida de algún objeto el cual se conoce su medida como por ejemplo una ventana del edificio.

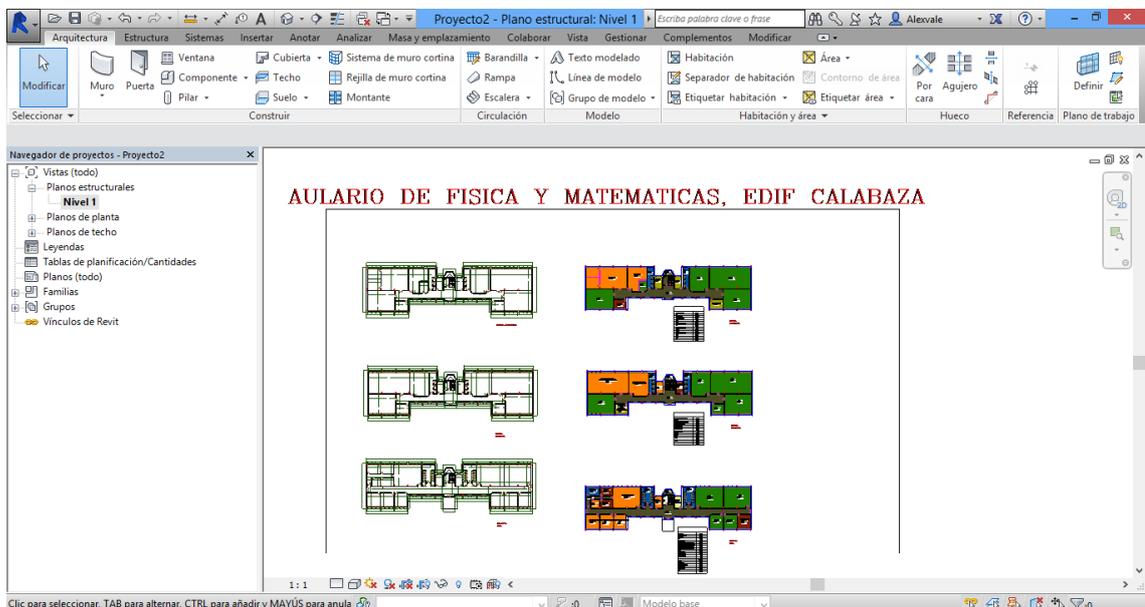


Figura XXVIII Plano importado en Revit Fuente propia

Para la comprobación de medidas de nuestro plano importado en Revit, seleccionamos la opción de Medir entre dos referencias y comprobamos que los datos concuerdan, como podemos ver en la Figura XXIX.

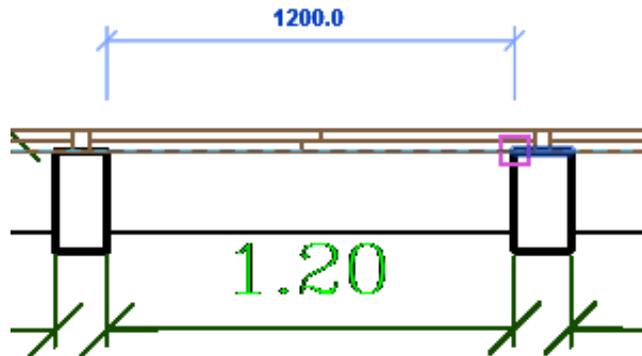


Figura XXIX Comprobación de cotas en Revit Fuente propia

Una vez tenemos los planos correctamente importados en Revit, se comienza a hacer la estructura del edificio, comenzando por el perímetro y levantando los 3 pisos utilizando niveles.

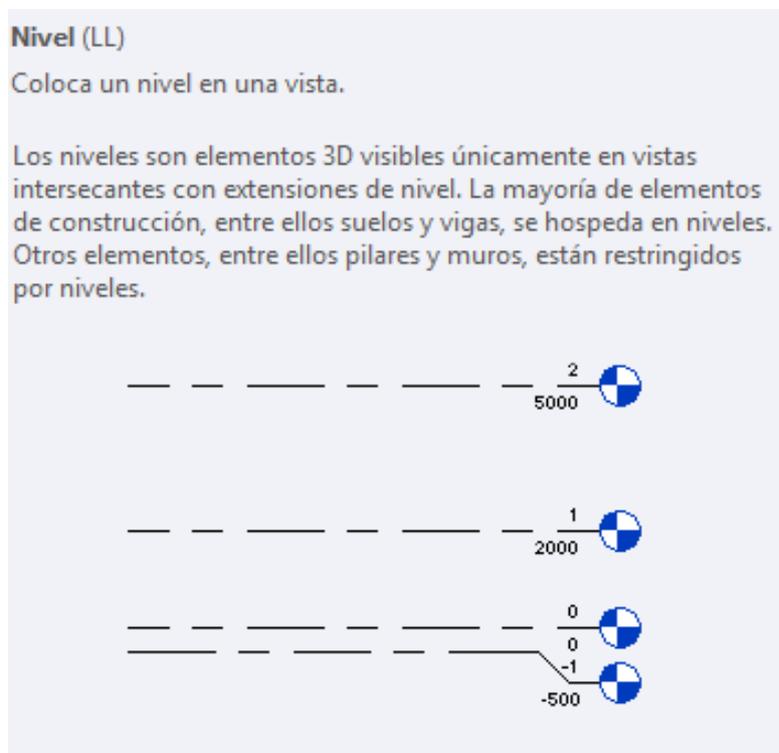
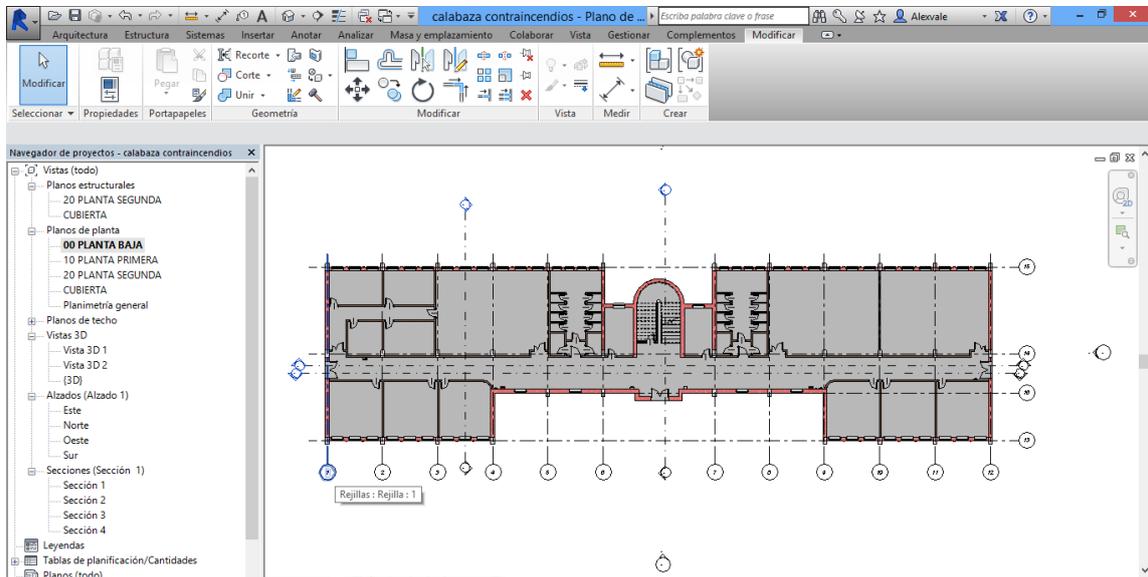


Figura XXX Niveles en Revit Fuente propia

Un elemento útil a la hora de la colocación de los muros interiores del edificio fue la colocación de rejillas, las cuales sirven de guía para plantas superiores ya que los 3 pisos tienen distribuciones similares.



**Figura XXXI** Plano de planta con diferentes rejillas y secciones Fuente propia

Una vez realizado todo, se va dividiendo el edificio en habitaciones, colocando los pilares, puertas y ventanas. Un paso delicado es realizar las escaleras, ya que tienen un descanso con forma de semicírculo. Una vez hemos modelando el edificio planta por planta, desde la planta baja hasta la cubierta del edificio, nos centramos en la instalación contra incendios. Buscando o añadiendo las familias necesarias para la instalación como:

- Extintor de polvo
- Pulsador de alarma
- Alarma de incendio
- Bocas de incendio

En la imagen de la Figura XXXII se muestran las propiedades de la familia de Extintor. Indicando la situación del elemento y las características del mismo. En este caso el elemento seleccionado está situado en la plata baja.

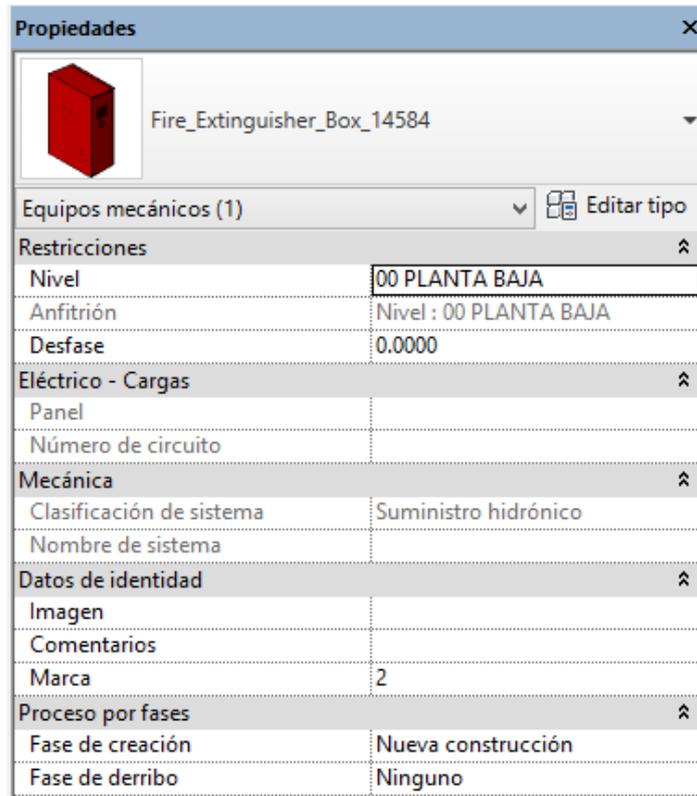


Figura XXXII Propiedades familia extintor. Fuente propia

En la Figura XXXI se muestra la vista 3D de la boca de incendio seleccionada para nuestro modelo BIM

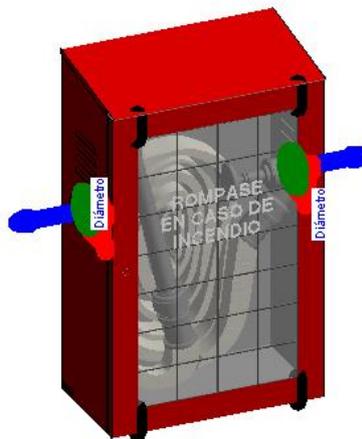


Figura XXXIII Boca de incendio. Fuente propia

Para comprobar la colocación de elementos como pueden ser las puertas, ventanas, escaleras, o la propia instalación contraincendios del edificio, una herramienta muy útil realizar secciones verticales para comprobar la colocación de elementos como se muestra en la Figura XXXIV.



Figura XXXIV Sección vertical Fuente propia

Tras todos los pasos anteriormente nombrados, tendremos nuestro modelo 3D terminado, listo para guardar, renderizar o exportar.

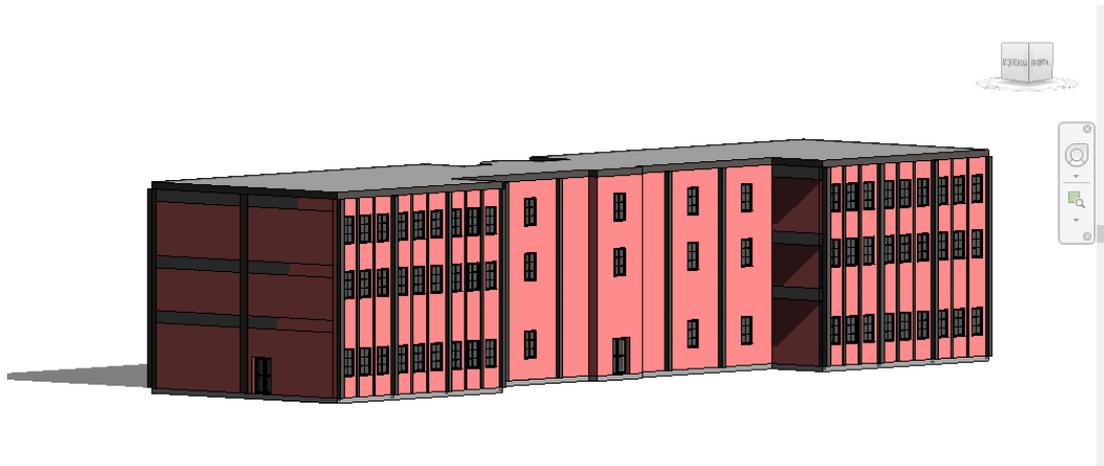


Figura XXXV Modelo terminado en Revit, vista 3D Fuente propia

En la Figura XXXVI se realiza un renderizado desde una vista exterior de nuestro modelo BIM desde Revit para comprobar el resultado de nuestro modelo 3D.



**Figura XXXVI** Renderizado de modelo3D Fuente propia

## 8.2 Visualizador y Anotaciones

Utilizando modelo.io, podemos trabajar en equipo, para visualizar y realizar anotaciones fácilmente con nuestro pc, portátil, Tablet o Smartphone.

Lo primero que debemos hacer es importar archivo de REVIT a modelo.io, para ello es necesario instalar un plugin en dicho programa. Este plugin se descarga directamente de la página web de modelo.io

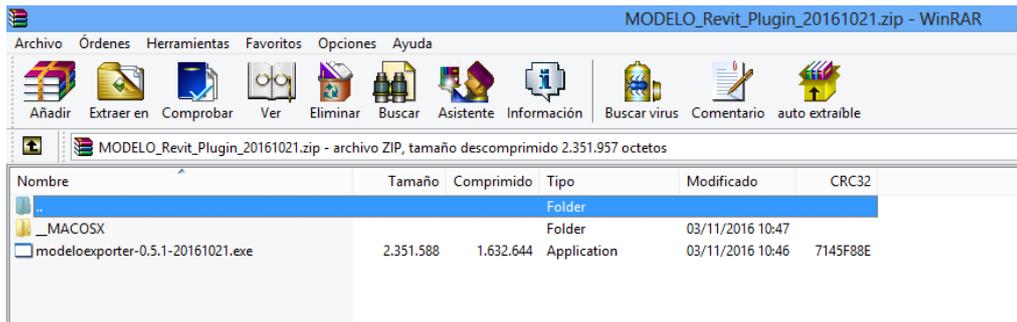


Figura XXXVII Plugin modelo.io para Revit Fuente propia

Una vez instalado el plugin en Revit, en la pestaña de complementos veremos una M que nos va a permitir conectar REVIT con Modelo.io.

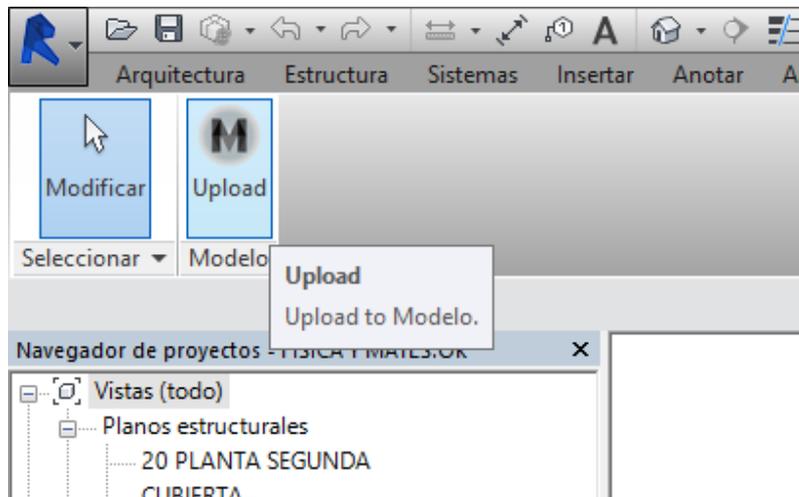


Figura XXXVIII Plugin en Revit Fuente propia

Antes de hacer la exportación desde Revit, debemos entrar en la web modelo.io, y vamos a la zona de subir un modelo (model exporter), colocamos el título del proyecto, la carpeta y la web modelo.io nos generara una clave alfanumérica que posteriormente tendremos que colocar en el plugin previamente instalado en el Revit

Get upload token for model exporter

Project: TFG BIN      Folders: Phase 1

Upload to: TFG BIN      Phase 1

Copy this token to your plugin and upload your model from there

ZztijE9q-cDW9\_2      Copy

DONE

Figura XXXIX Model exporter Fuente propia

Una vez tenemos la clave copiada, entramos en el Revit y pulsamos en complementos Upload. Seleccionando la vista y las texturas que queremos exportar, pegamos la clave alfanumérica generada anteriormente y le damos a Upload

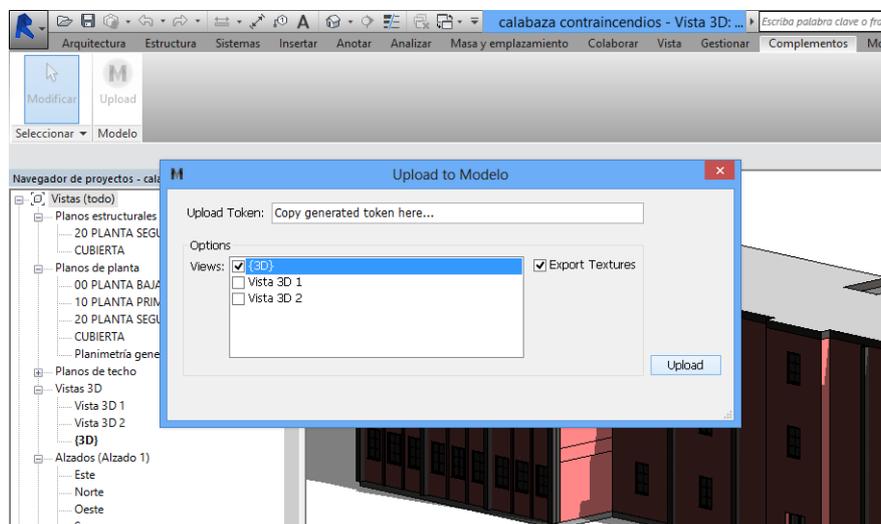
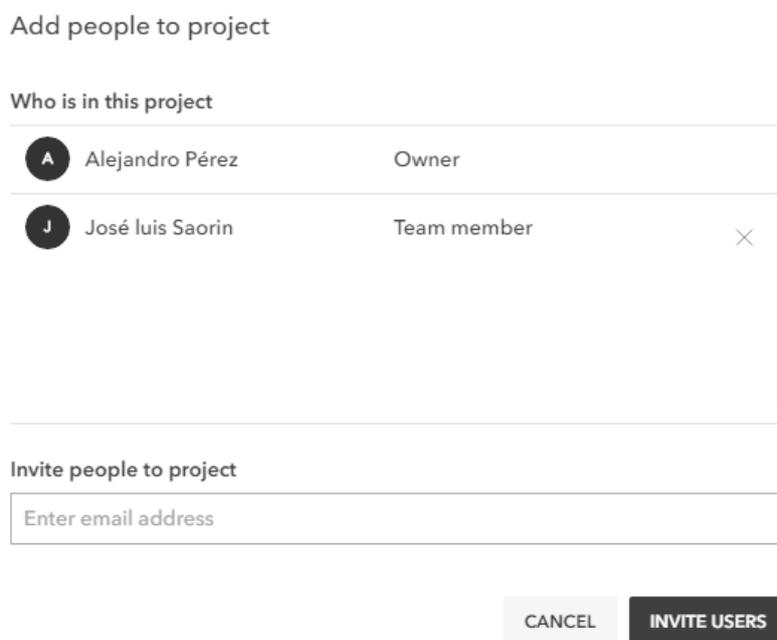


Figura XL Exportación de modelo en Revit Fuente propia

Una vez tenemos el proyecto subido en el modelo.io, si se pretende trabajar en equipo, lo primero que se debe hacer, sería añadir los miembros del equipo, para ello en Add people to Project (añadir personas al proyecto) invitamos mediante una cuenta de correo electrónico a los integrantes del proyecto. El que sube el modelo tiene el rol de propietario (owned) y el resto de los miembros (team member) los cuales podrán realizar todas las funciones del programa, pero no podrán borrar el proyecto.



**Figura XLI** Miembros del proyecto en modelo.io Fuente propia

Para visualizar nuestro modelo tanto en la aplicación móvil como en la versión web, lo haremos de una forma sencilla.

En nuestro Smartphone simplemente en la vista en 3D podemos girar nuestro modelo en 360° pulsando con un dedo y desplazándolo por la pantalla. Para movernos por el modelo realizaremos lo mismo nombrado anteriormente pero con dos dedos. Para hacer zoom puedes poner los dos dedos sobre la pantalla y alejarlos, de esta manera el modelo se ampliará de manera gradual. De igual forma que en el paso anterior, si quieres alejarte, coloca los dedos sobre la pantalla un poco separados y acercarlos. La vista se alejará.

En la web modelo.io se navega por el modelo de manera similar lo que con el uso del ratón. Manteniendo pisado el botón izquierdo del ratón y moviéndonos sobre la pantalla giraremos nuestro modelo. Para movernos por el modelo haremos el mismo paso anterior pero esta vez con el botón derecho. Para hacer zoom simplemente podemos usar el scroll del ratón, ampliando si se gira hacia adelante y reduciendo si se gira hacia atrás.

En la versión web tenemos un pequeño menú donde podemos seleccionar la planta, perfil y alzado de nuestro modelo o la vista en 3D



Figura XLII Menú vistas modelo.io Fuente propia

Cuando se visualiza un modelo 3D en la aplicación modelo.io desde la web, en la parte inferior aparece un menú que nos ofrece diferentes posibilidades como vemos en la Figura XLIII, mientras que en la aplicación para Smartphone tenemos otra barra de herramientas con diferentes opciones como podemos ver en la Figura XLIV.



Figura XLIII Barra de herramientas en la web modelo.io Fuente propia



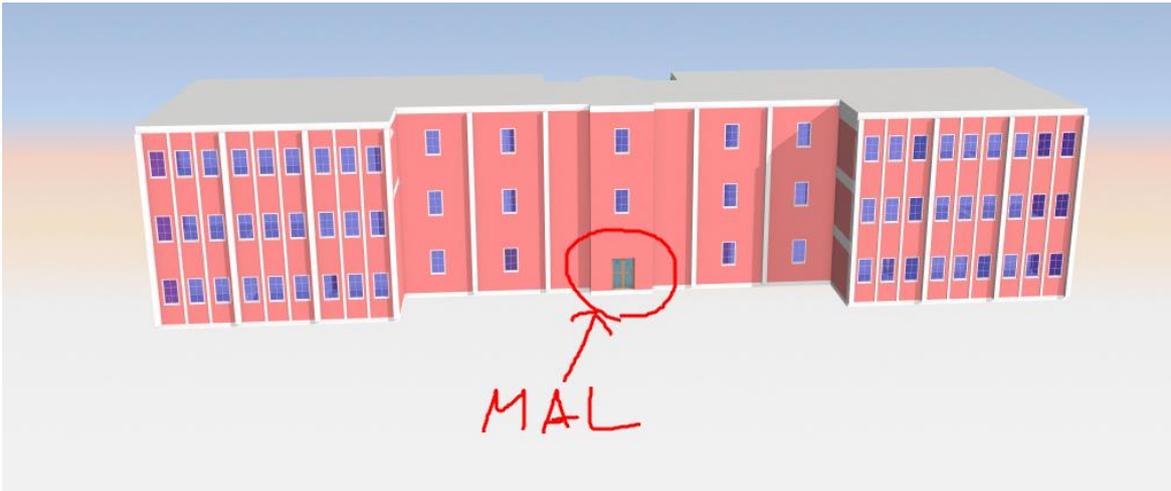
Figura XLIV Barra de herramientas en la aplicación móvil modelo.io Fuente propia

Como podemos comprobar, hay dos opciones que se repiten tanto en la aplicación móvil como en la web, la primera es la opción es la 5 de la web y la 2 de la aplicación para Smartphone. Esta herramienta Sketch (dibujo o croquis) nos permite realizar anotaciones en el modelo 3D desde un punto de vista seleccionado. Para ello podemos hacer una escritura a mano alzada seleccionando el color que se desee, como seleccionar unos símbolos prediseñados (círculos, flechas, nubes) o añadir un texto en la propia imagen.



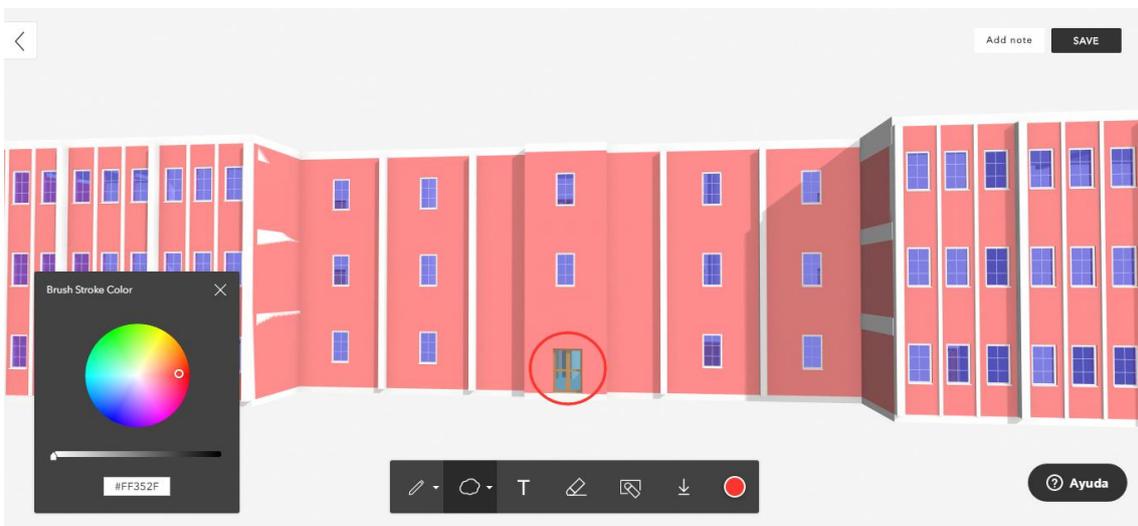
**Figura XLV** Función Sketch en modelo.io Fuente propia

Como se observa en la Figura XLVI se realiza una anotación a mano alzada en el modelo 3D indicando en este caso el mal estado de la puerta de entrada.



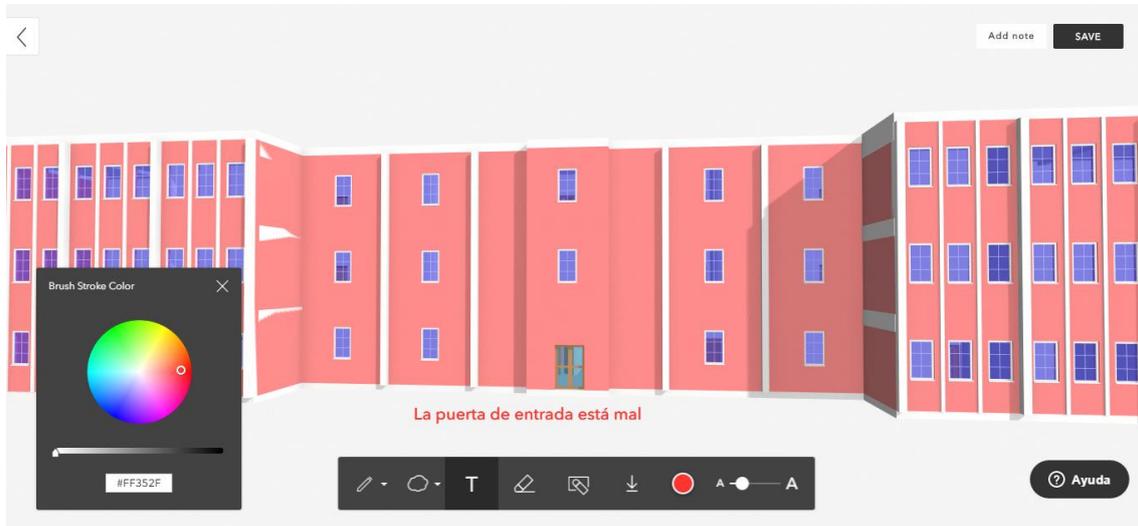
**Figura XLVI** Función Sketch a mano alzada en modelo.io Fuente propia

En la Figura XLVII se realiza una circunferencia para por ejemplo señalar algo en el diseño, en este caso la puerta exterior de entrada al edificio.



**Figura XLVII** Circulo en modelo.io Fuente propia

La herramienta de texto sirve para hacer comentarios con textos sobre una vista, al igual que en los ejemplos anteriores se crea una imagen con la anotación deseada como podemos comprobar en la Figura XLVIII.



**Figura XLVIII** Herramienta texto en modelo.io Fuente propia

La segunda herramienta que se repite tanto en la aplicación para smartphones como en la web modelo.io son el 4 de la aplicación web y el 1 de la aplicación respectivamente.



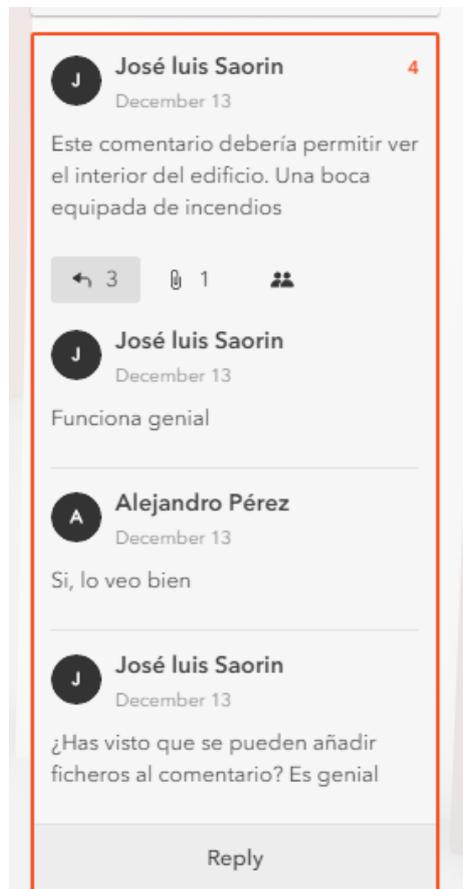
**Figura XLIX** Función Coments en modelo.io Fuente propia

Esta herramienta Coments (comentarios) nos abre una ventana donde se pueden colocar comentarios escritos sobre un punto del modelo 3D, seleccionando el mismo con el ratón el elemento al que queremos señalar. Cabe destacar que desde la aplicación para Smartphone no se pueden realizar este tipo de comentarios pero si se pueden visualizar perfectamente con la opción de pasar uno por uno todos los comentarios realizados en el proyecto.



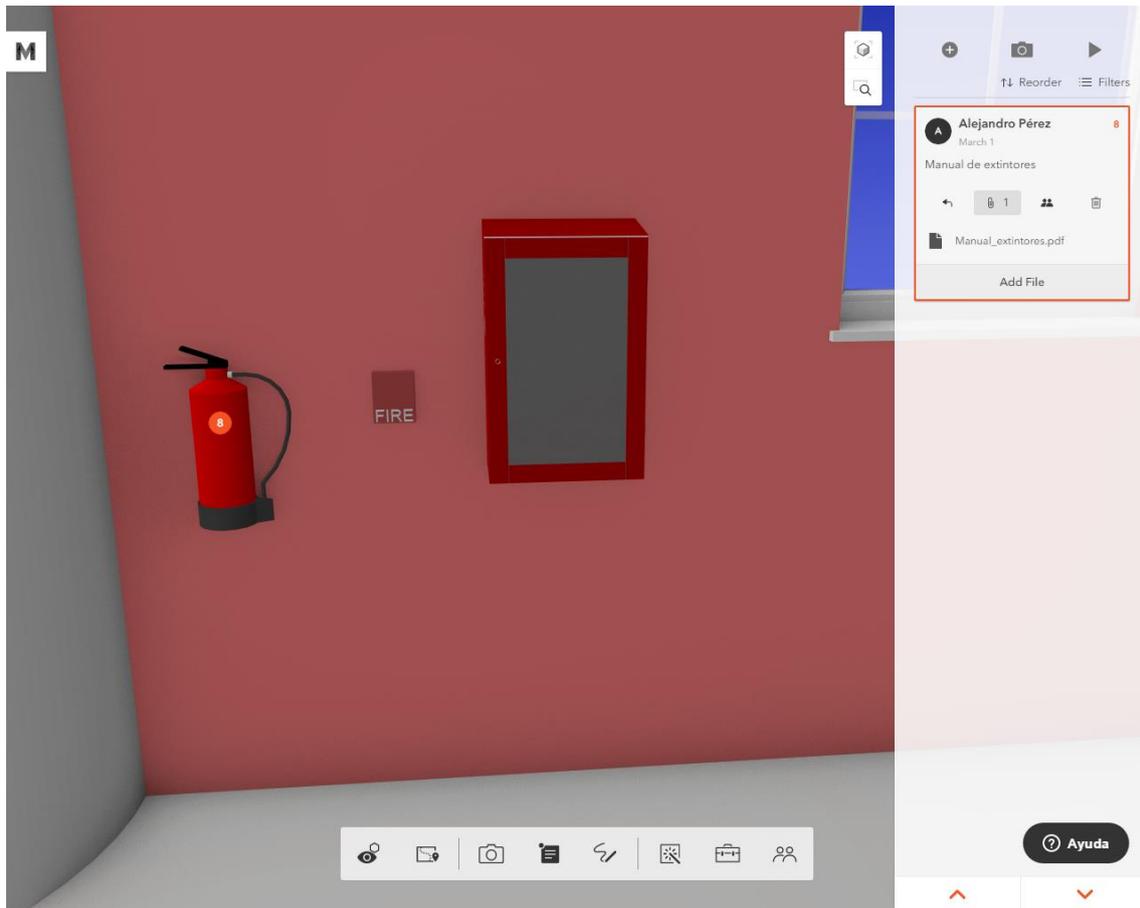
**Figura L** Ejemplo de comentario en modelo.io Fuente propia

Con esta función no nos permite solamente realizar anotaciones en el modelo 3D sino también interactuar entre los distintos miembros del proyecto ya que los comentarios se añaden rápidamente en el modelo y todos los miembros los pueden ver o contestar.



**Figura LI** Interactuación en modelo.io Fuente propia

Otra opción muy interesante que ofrece esta aplicación es la opción de añadir imágenes, archivos PDF, tablas de Excel... en nuestros comentarios, siendo esta una función muy útil a la hora de realizar por ejemplo el mantenimiento de una instalación contraincendios, ya que el operario podría consultar datos técnicos de la instalación o con su Smartphone realizar una foto y enviarla para comprobar el estado real de algún elemento de la instalación. En otras aplicaciones de visualización como puede ser A360 no nos permite hacer este tipo de cosas, por lo cual veo un punto a favor a la hora de escoger esta plataforma.



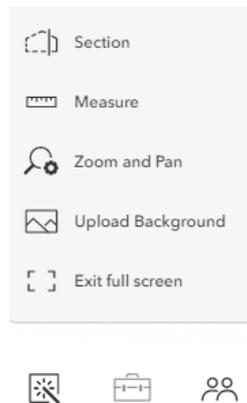
**Figura LII** PDF añadido en vista 3D en modelo.io Fuente propia

Otra opción es hacer un screenshot 3 (pantallazo) sobre el modelo, con esto podemos capturar una imagen del modelo en la vista seleccionada, pudiendo guardarla en el proyecto y realizar algún comentario escrito, o simplemente descargarla a nuestro PC o dispositivo móvil.



**Figura LIII** Screenshot en modelo.io Fuente propia

Otra herramienta interesante es tools 7, donde podemos realizar varias opciones en nuestro modelo



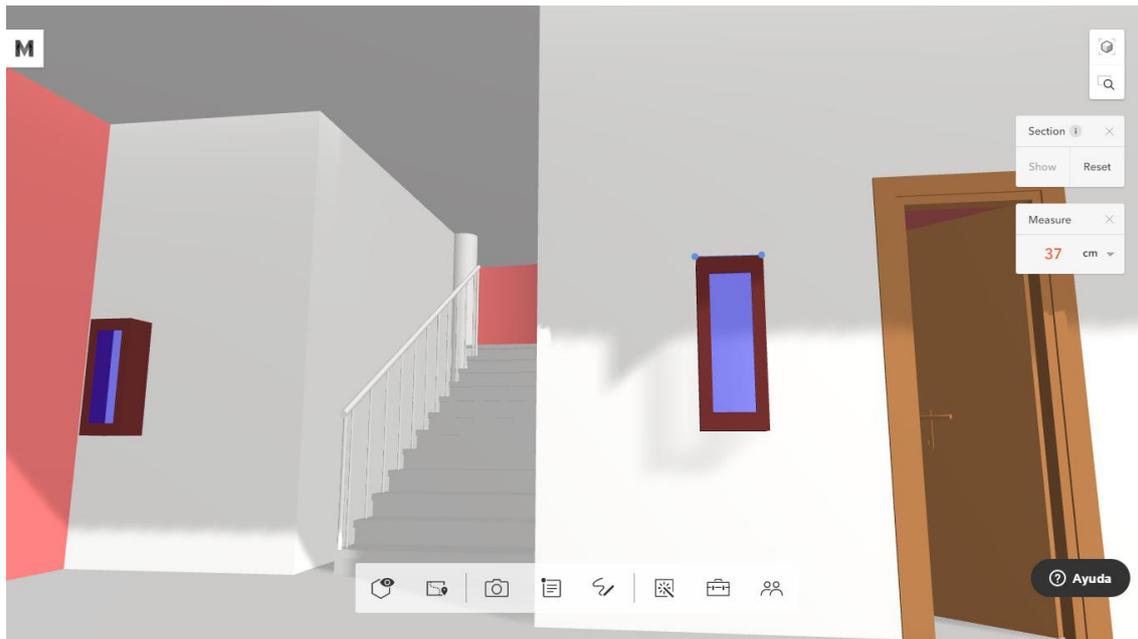
**Figura LIV** Herramienta tools en modelo.io Fuente propia

La primera opción de esta herramienta es crear una sección (Section) tanto vertical como horizontal de nuestro modelo, viendo así fácilmente el interior



**Figura LV** Sección en modelo.io Fuente propia

La segunda opción interesante es la de Measure (medida) donde podremos realizar medidas de cualquier objeto seleccionando la magnitud, tanto en centímetros (cm) como metros (m) pulgadas (in) o pies (ft). Aquí tenemos un ejemplo de medición en nuestro modelo, en la Figura LVI se mide el ancho de la caja del extintor (37cm).



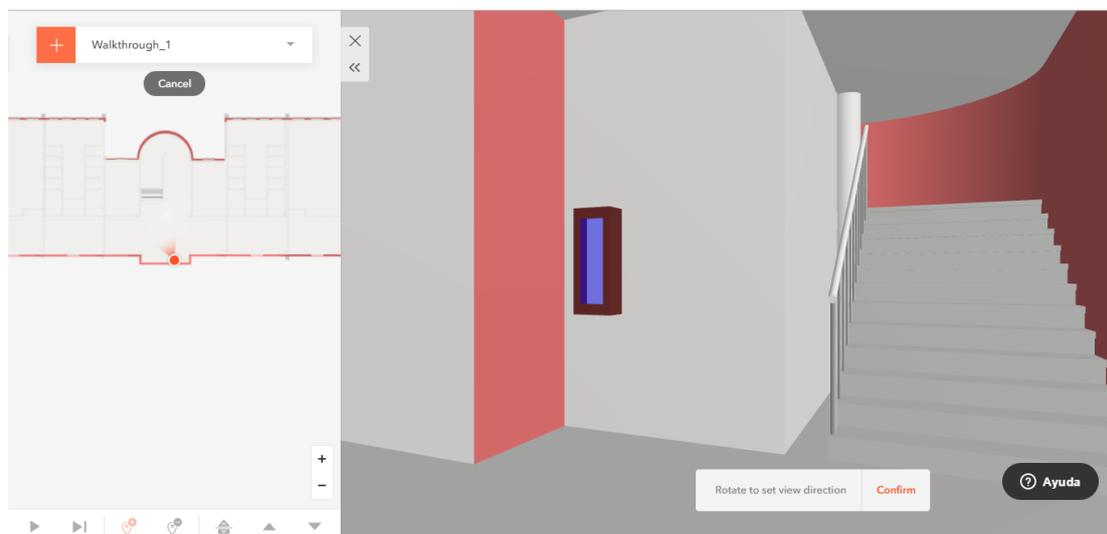
**Figura LVI** Medición en modelo.io Fuente propia

Otra interesante herramienta disponible en la web modelo.io es la función walkthrough 1, la cual nos hace un recorrido en 3D sobre el modelo.



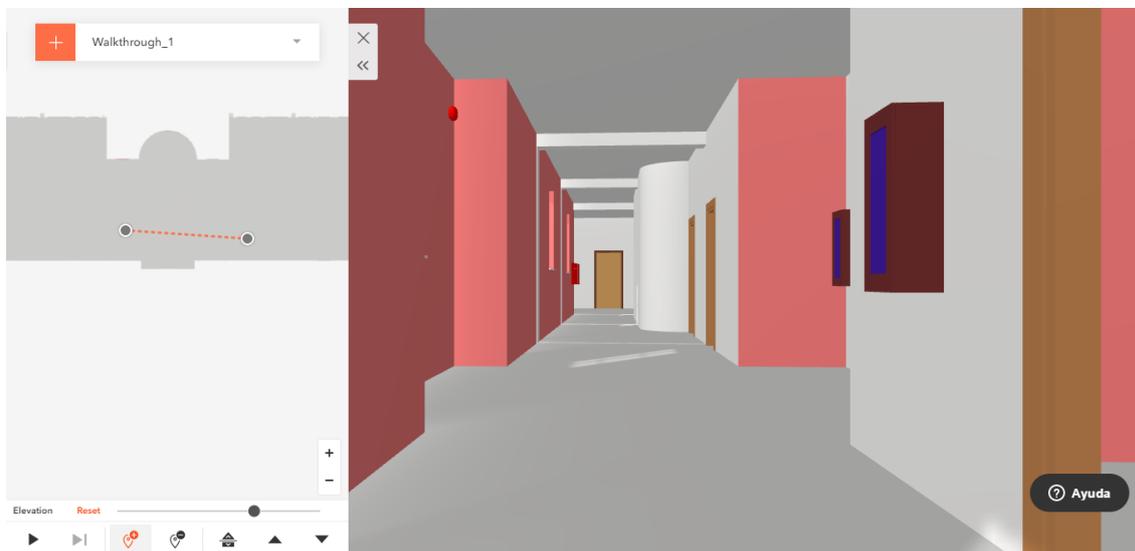
**Figura LVII** Walkthrough en modelo.io Fuente propia

Para ello sobre el plano se selecciona un punto de inicio, regulando la altura y el ángulo de visión, se van colocando más puntos en el plano donde nos queramos desplazar para crear una escena en 3D del recorrido seleccionado.



**Figura LVIII** Función walkthrough en modelo.io Fuente propia

Añadiendo tantos puntos como se desee, se va realizando el recorrido para posteriormente crear la escena deseada.

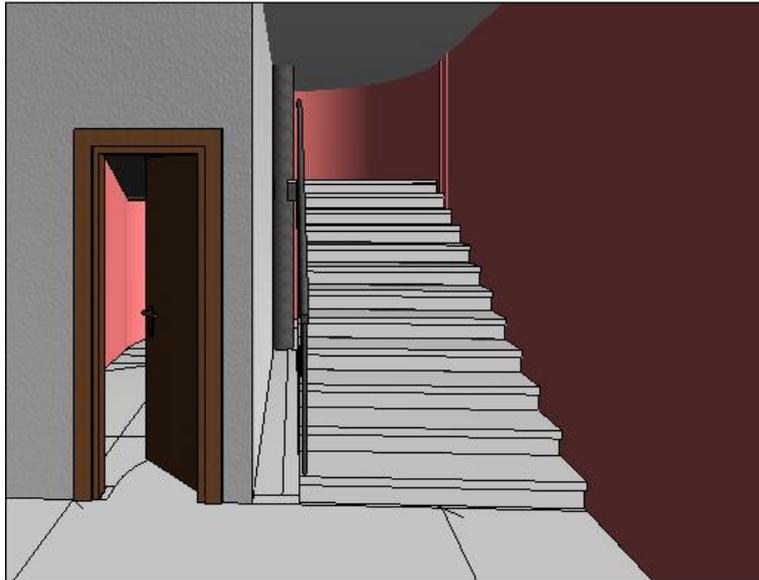


**Figura LIX** Recorrido en función walkthrough en modelo.io Fuente propia

## 8.3 VR

Otro objetivo del proyecto ha sido buscar herramientas para visualizar mediante gafas de realidad virtual el modelo BIM.

La primera opción ha sido creando una imagen 360° desde el modelo BIM en el programa Revit 2015, usando para ello en el menú vista, la opción cámara. Lo primero que debemos hacer es colocar la cámara en lugar deseado del plano, pudiendo ajustar la altura de la cámara y el ángulo de visión de la misma.



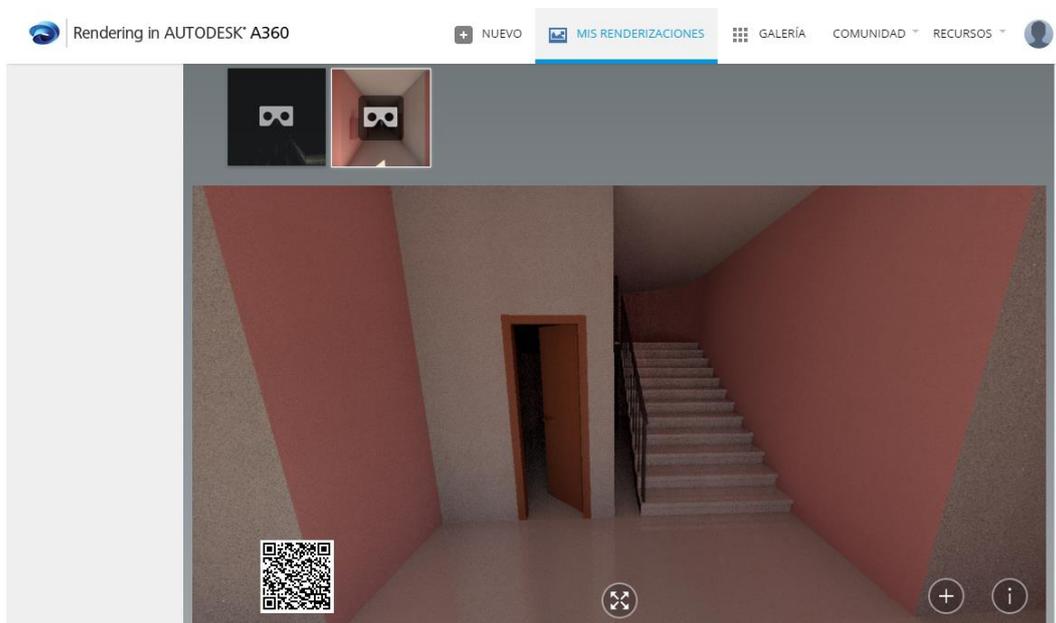
**Figura LX** Vista de cámara en Revit Fuente propia

El siguiente paso que realizaremos será el renderizado de la imagen en 360° para poder tener una imagen que podemos visualizar con unas gafas de realidad virtual. Para ello en el menú vista, ponemos la opción de renderizar en Cloud, ya que nos interesa guardar dicha imagen en una unidad virtual para luego poder acceder desde nuestro Smartphone directamente. Seleccionando nuestra vista en 3D y colocando el tipo de salida Visión estereoscópica panorámica crearemos una imagen en 360° que posteriormente podremos visualizar en la aplicación A360 de Autodesk



**Figura LXI** Renderizacion en Cloud Fuente propia

Este proceso es bastante lento ya que dependemos de la plataforma de Autodesk para generar dicha imagen renderizada. Como vemos en la figura LXII la calidad de renderizado es bastante buena. La imagen contiene un código QR que al ser escaneado con cualquier dispositivo móvil nos redirige a dicha vista, siendo posible la vista en realidad virtual.



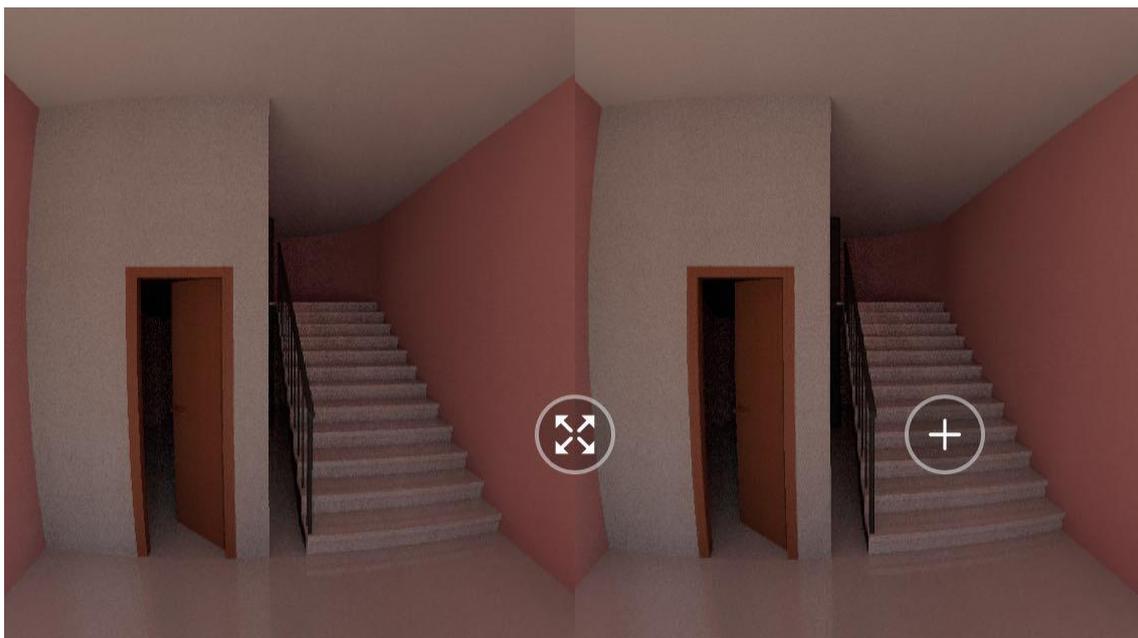
**Figura LXII** Render en Autodesk A360 Fuente propia

Como se ve en la Figura XLIII para la vista en realidad virtual se necesita algún dispositivo de VR como puede ser las gafas Google Cardboard o las Gear VR.



**Figura LXIII** Renderizado 360° en A360 Fuente proia

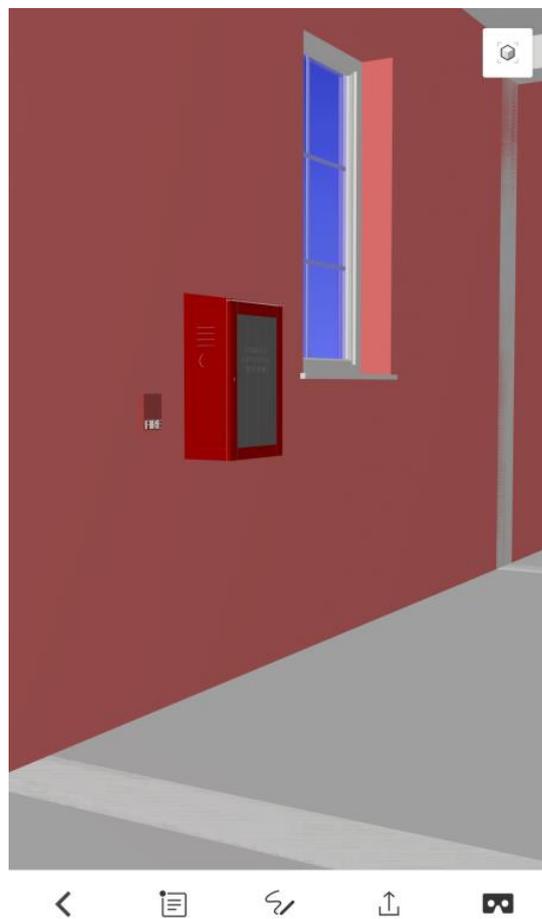
En la Figura LXIV se muestra la vista de nuestro modelo 3D en nuestro dispositivo móvil, preparado para ser introducido en las gafas de VR y ver nuestro renderizado en 360°. Girando nuestra cabeza podremos visualizar nuestro modelo como si estuviésemos dentro de él, con una sensación de realidad bastante buena., ya que Revit genera una imagen con gran calidad.



**Figura LXIV** Vista VR desde Smartphone Fuente propia

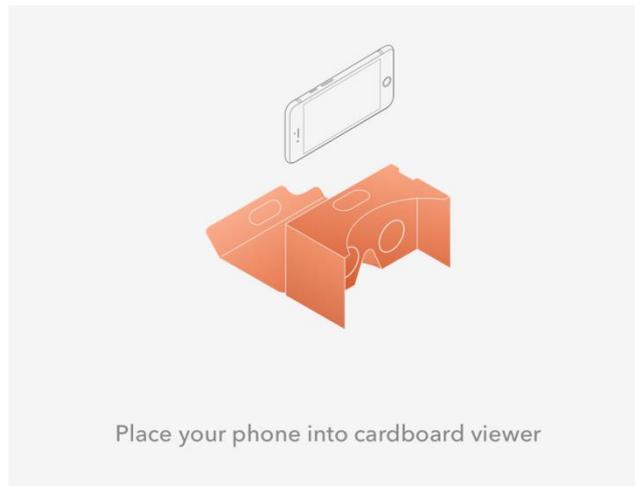
La segunda opción que he elegido es utilizar la opción que trae la aplicación móvil de modelo.io. Una vez se ha realizado la exportación de nuestro modelo BIM a la plataforma modelo.io, conseguir una representación de VR con nuestras gafas es más sencillo y directo que renderizando la imagen desde Revit.

Para ello desde la aplicación para Smartphone de modelo.io podemos visualizar nuestro modelo mediante VR de dos opciones, la primera opción es entrar dentro de nuestro modelo y desde la vista en 3D del modelo, desplazarnos hasta la vista que deseemos y a continuación pulsar sobre el símbolo de cardboard VR. La segunda y más recomendable opción es entrar desde una vista 3D guardada previamente ya que nos situaremos en algún punto del modelo, pudiendo ir pasando de vista en vista con tan solo pulsar la pantalla o si nuestro dispositivo VR dispone de mando a distancia sobre él.



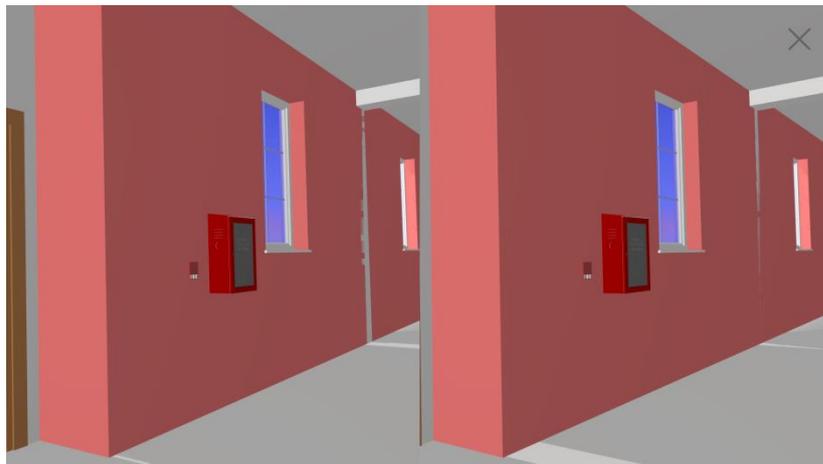
**Figura LXV** Vista de aplicación móvil modelo.io Fuente propia

Como vemos en la Figura LXV. Donde nos encontramos en una vista 3D generada desde nuestra aplicación móvil o en la aplicación web de modelo.io. Una vez estemos en la vista 3D deseada, desde la aplicación móvil pulsaremos en el símbolo de las gafas de VR (cardboard), a continuación nos aparecerá lo siguiente:



**Figura LXVI** Colocación del dispositivo móvil en VR Fuente propia

Una vez colocado nuestro dispositivo móvil en posición horizontal y dentro de nuestro cardboard, podremos visualizar nuestro modelo 3D en realidad virtual desde la vista seleccionada previamente, visualizando el modelo en 360° con una calidad y fluidez bastante buena.



**Figura LXVII** Vista modelo 3D con dispositivo móvil en VR Fuente propia

Como podemos comprobar en la figura LXVII se obtiene una imagen 360° de nuestro modelo en la cual gracias a nuestro Smartphone y nuestras gafas VR obtenemos una sensación de estar dentro de nuestro propio modelo.

Mediante la pulsación de la pantalla en las vistas 3D creadas previamente, se puede pasar de una vista a otra. Actualmente la aplicación no tiene interacción con el mando a distancia de las gafas VR, pero en versiones posteriores de la aplicación se añadirá dicha opción ya que actualmente es una Beta y están en desarrollo de la aplicación.

## 9. CONCLUSIÓN

Del trabajo realizado se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- BIM
  - En la actualidad destacan tres grandes plataformas BIM, pero es posible que en un futuro sólo queden 2 (REVIT y Archicad).
  - Existen calendarios a nivel nacional e internacional para la implantación de BIM.
  - Se espera que el año 2020 España tenga realizada dicha Implantación.
  - La realización del modelo BIM a partir de los planos de AutoCAD ha sido sencilla, utilizando REVIT partiendo de ningún conocimiento previo..
  - Existe un formato de interoperabilidad entre programas BIM (IFC), que permite la fácil traslación de un programa a otro.
  
- CONCLUSIONES RESPECTO A LOS VISUALIZADORES?
  - Existen diferentes formas de poder visualizar modelos BIM para personas que no dispongan del software de modelado.
    - Visualizadores IFC
    - Visualizadores propios del software de modelado BIM
    - Visualizadores en entornos web
  - Dependiendo del tipo de usuario puede ser conveniente escoger una u otra de las 3 opciones anteriormente nombradas.
  - La utilización de visualizadores 3D es cada vez más necesaria, ya que el modelo se está convirtiendo en el centro del proyecto.
  
- CONCLUSIONES RESPECTO A LAS ANOTACIONES
  - Con el avance en la creación de modelos 3D y la visualización de ellos, nace la necesidad de realizar anotaciones en dichos modelos.
  - Las antiguas anotaciones en planos 2D o croquis de instalaciones dan paso a las actuales anotaciones en modelos 3D, siendo esto posible gracias al trabajo colaborativo y a las normas y estándares para que ello sea más fácil
  - Programas como Modelo.io permiten 5 tipos distintos de anotaciones, permitiendo la posibilidad de colaborar en equipo y de almacenar puntos de vista 3D
  
- VR
  - La posibilidad de ver de manera inmersiva un modelo 3D es cada vez más accesible.

- Los programas BIM están empezando a incorporar opciones para generar de manera sencilla una imagen que se pueda visualizar en dispositivos VR
- Los visualizadores tipo modelo.io permiten asociar a una vista en 3D la representación para visualizar en dispositivos VR. Si se dispone de un elemento actuador se puede saltar de una vista a la siguiente, permitiendo una simulación de un paseo inmersivo por el modelo.
- El uso de la VR cada vez es más utilizado en diferentes campos:
  - Videjuegos
  - Inmobiliarias
  - Ingeniería
  - Arquitectura

Con los conocimientos adquiridos en la realización de este proyecto, he desarrollado unas competencias muy interesantes de cara al mundo laboral ya que el software BIM, los modelos 3D y los trabajos colaborativos actualmente se están implantando en entornos de ingeniería y arquitectura.