



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

“Modelado 3D, desarrollo y representación mediante realidad aumentada de un inversor y un reductor de velocidad.”

“3D modeling, development and augmented reality representation of an inverter and a gear box.”

Autor/es

Marcos Ochoa Espinosa

Director/es

Ramón Miralbés Buil
David Ranz Angulo

Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Producto
Escuela de Ingeniería y Arquitectura
2019-2020

AGRADECIMIENTOS

A modo de agradecimiento quiero mencionar a mis tutores Ramón Miralbés Buil y David Ranz Angulo, por su dedicación, compromiso y que sin su ayuda en momentos críticos el trabajo no hubiera seguido avanzando, haciendo imposible la entrega del mismo.

También citar a José Antonio Gómez, jefe del taller de impresión 3D, por su implicación y rapidez a la hora de imprimir las piezas que forman los conjuntos.

En un segundo plano, pero no menos importante, agradecer a todo el equipo docente de la EINA, que día a día nos ha formado como ingenieros.

Por último, agradecer a mi familia y amigos, que pese a la situación vivida actualmente, me han apoyado en todo lo posible.

0.1 Resumen

“ Modelado 3D, desarrollo y representación mediante realidad aumentada de un inversor y un reductor de velocidad.”

En este proyecto de final de grado se ha desarrollado el procedimiento completo desde el punto de partida de un plano 2D hasta la impresión 3D y obtención del modelo en realidad aumentada, pasando por el modelado de las piezas y exportación en PDF 3D de los conjuntos " Inversor para correa" y " Reductor de tres ejes".

Para la creación y desarrollo de ambos conjuntos se han realizado varias fases:

- Breve estudio del estado del arte de la impresión 3D, la realidad aumentada y del PDF 3D.
- Croquizado de las piezas no normalizadas para su posterior modelado en Autodesk Inventor.
- Ensamblaje de piezas no normalizadas y comerciales para obtener el conjunto final.
- Exportación de conjuntos a los diferentes formatos para realizar la impresión, la realidad aumentada y los PDF.
- Preparación, evolución y programación de las plantillas usadas en el PDF 3D.
- Generación de diferentes vídeos (montaje y movimiento) y documentación gráfica (planos de conjunto y subensamblajes).
- Impresión de prototipos físicos integrando elementos generados por fabricación aditiva y elementos comerciales.

Se ha realizado una metodología de trabajo con la que cualquier usuario puede seguir el proceso y obtener los resultados finales de una manera fácil y sencilla.

Finalmente se ha llegado a una serie de conclusiones sobre las dificultades y problemas encontrados a lo largo del desarrollo del trabajo y sobre la evolución de las tecnologías que nos rodean y los beneficios que nos aportan.

0.2 Índice

0.3 Tabla de contenidos	5	4. Resultados obtenidos	26
0.4 Introducción	6	4.1 Cuadro sinóptico	27
0.4.1 Título	7	• Proceso modelado	
0.4.2 Objetivos	7	• Proceso impresión 3D	
0.4.3 Cronograma	7	• Proceso realidad aumentada	
0.4.4 Diagrama de Gantt	8	• Proceso PDF 3D	
1. Estudio tecnologías impresión 3D	9	4.2 Conjunto 3 Inversor para correa	31
1.1 ¿Qué es la impresión 3D?	10	4.3 Conjunto 6 Reductor de tres ejes	34
• ¿Qué es?		4.4 PDF 3D y realidad aumentada	37
• Tipos de impresión		4.5 Montaje impresión 3D	40
• Materiales más utilizados		5. Conclusiones	41
• Aplicaciones más comunes		6. Resultados obtenidos	42
1.2 Equipamiento usado en la impresión	11	6.1 Referencias	43
2. Estudio tecnologías realidad aumentada	12	6.2 Webgrafía	45
2.1 ¿Qué es la realidad aumentada?	13		
• ¿Qué es?			
• Niveles de realidad aumentada			
• Aplicaciones más comunes			
2.2 Programa usado en RA	15		
• Aumentaty Author			
• Scope			
3. Estudio PDF 3D	20		
3.1 Programa usado en RA	21		
• ¿Qué es?			
• Aplicaciones más comunes			
3.2 Evolución plantilla PDF 3D	22		
3.3 Funcionalidades PDF 3D	23		

0.3 Tabla de contenido

Iustraciones:

Ilustración 1 - Ejemplo de impresora 3D	10	Ilustración 48 - Secuencia explosionado conjunto 3	32
Ilustración 2 - Aplicación impresión 3D en educación	10	Ilustración 49 - Secuencia movimiento conjunto 3	32
Ilustración 3 - Aplicación impresión 3D en diseño industrial	10	Ilustración 50 - Renders conjunto 3	33
Ilustración 4 - Material ABS	11	Ilustración 51 - Vista isométrica conjunto 6	34
Ilustración 5 - Ejemplo pieza impresa en 3D	11	Ilustración 52 - Vistas más representativas conjunto 6	34
Ilustración 6 - Impresora Zortrax M200	11	Ilustración 53 - Planos conjunto 6	34
Ilustración 7 - Impresora Zortrax M300	11	Ilustración 54 - Secuencia explosionado conjunto 6	35
Ilustración 8 - Ejemplo realidad aumentada	13	Ilustración 55 - Secuencia movimiento conjunto 6	35
Ilustración 9 - Nivel 0 realidad aumentada	13	Ilustración 56 - Renders conjunto 6	36
Ilustración 10 - Nivel 1 realidad aumentada	13	Ilustración 57 - PDF 3D conjunto 3	37
Ilustración 11 - Nivel 2 realidad aumentada	13	Ilustración 58 - Vistas del modelo en PDF 3D	37
Ilustración 12 - Nivel 3 realidad aumentada	13	Ilustración 59 - Vistas más significativas PDF 3D	38
Ilustración 13 - Aplicación RA en videojuegos	14	Ilustración 60 - Representación videos	38
Ilustración 14 - Aplicación RA en diseño de interiores	14	Ilustración 61 - QR conjunto 3	38
Ilustración 15 - Aplicación RA en AR Anatomy 4D+	14	Ilustración 62 - QR conjunto 6	38
Ilustración 16 - Aplicación RA en BMW	14	Ilustración 63 - QR Vídeos ambos conjuntos	38
Ilustración 17 - Proceso explicación Aumentaty 1	15	Ilustración 64 - Conjunto 6 en realidad aumentada	39
Ilustración 18 - Proceso explicación Aumentaty 2	15	Ilustración 65 - Piezas conjunto 6 en realidad aumentada	39
Ilustración 19 - Proceso explicación Aumentaty 3	16	Ilustración 66 - Piezas comerciales	40
Ilustración 20 - Proceso explicación Aumentaty 4	16	Ilustración 67 - Piezas impresas en 3D	40
Ilustración 21 - Proceso explicación Aumentaty 5	17	Ilustración 68 - Ensamblaje de piezas	40
Ilustración 22 - Proceso explicación Scope 1	17	Ilustración 69 - Eje inferior	40
Ilustración 23 - Proceso explicación Scope 2	18	Ilustración 70 - Eje superior	40
Ilustración 24 - Proceso explicación Scope 3	18	Ilustración 71 - Conjunto 3 Inversor para correa	40
Ilustración 25 - Proceso explicación Scope 4	19		
Ilustración 26 - Modos visualización PDF 3D	21		
Ilustración 27 - Ejemplo aplicación PDF 3D	21		
Ilustración 28 - Evolución plantilla	22		
Ilustración 29 - Plantilla final PDF 3D	23		
Ilustración 30 - Ejemplo selección de pieza	23		
Ilustración 31 - Herramientas de manejo	24		
Ilustración 32 - Lista de piezas	24		
Ilustración 33 - Perspectiva	24		
Ilustración 34 - Ejemplo de iluminación	24		
Ilustración 35 - Corte	24		
Ilustración 36 - Búsqueda de piezas	25		
Ilustración 37 - Aislar	25		
Ilustración 38 - Ocultar	25		
Ilustración 39 - Vistas del modelo	25		
Ilustración 40 - Vídeos representativos PDF 3D	25		
Ilustración 41 - Proceso modelado	27		
Ilustración 42 - Proceso impresión 3D	28		
Ilustración 43 - Proceso realidad aumentada	29		
Ilustración 44 - Proceso PDF 3D	30		
Ilustración 45 - Vista isométrica conjunto 3	31		
Ilustración 46 - Vistas más representativas conjunto 3	31		
Ilustración 47 - Planos conjunto 3	31		

0.4 Introducción

¿Qué hay en esta sección?

0.4.1 Título

0.4.2 Objetivos

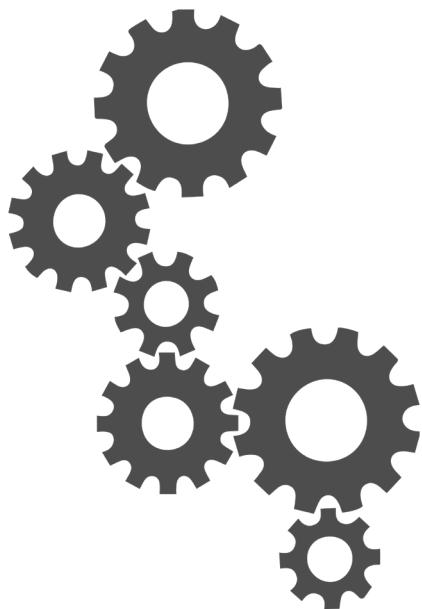
0.4.3 Cronograma

0.4.4 Diagrama de Gantt

0.4.1 Título

“ Modelado 3D, desarrollo y representación mediante realidad aumentada de un inversor y un reduedor de velocidad.”

0.4.2 Objetivos



- Modelado de dos conjuntos mecánicos.
- Representación en realidad aumentada con la finalidad de interactuar con ellos, a través de dispositivos tecnológicos gracias a marcadores y diferentes aplicaciones.
- Generar prototipos físicos mediante impresión 3D.
- Aportar documentación técnica (planos de conjunto, lista de elementos, vídeos tanto de movimiento como explosionado).
- Obtener PDF 3D para la comprensión de la totalidad de cada conjunto desarrollado.
- Apoyo a la docencia de diversas asignaturas relacionadas con el Dibujo Industrial.

0.4.3 Cronograma

- **Fase I:** generación del modelado 3D de las diversas piezas de ambos conjuntos mecánicos.
- **Fase II:** montaje de los conjuntos. Generación de diversas representaciones posicionales, vídeos de montaje, animaciones.
- **Fase III:** generación pdf3D de los diversos conjuntos a partir de una plantilla que se modificará para que incluya la información, botones, lista de elementos... Integración de vídeos en el pdf.
- **Fase IV:** generación de la documentación gráfica asociada.
- **Fase V:** generación y testeo de los modelos 3D mediante realidad aumentada.
- **Fase VI:** impresión 3D y montaje de las piezas para obtener el conjunto final

0.4.4 Diagrama de Gantt

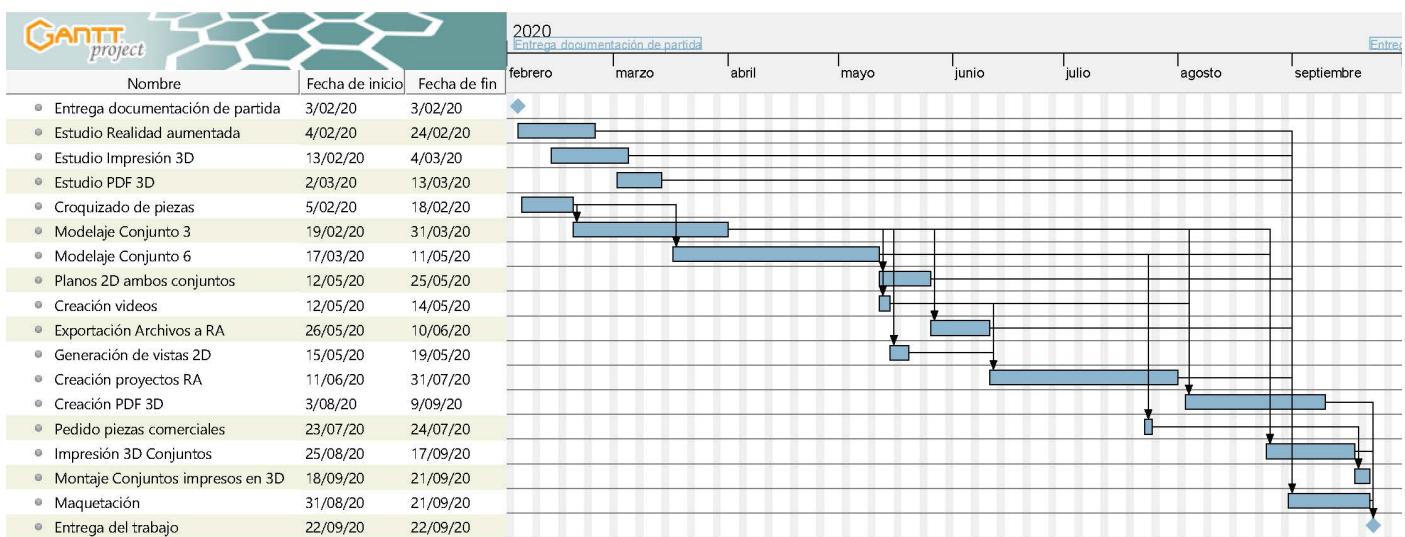


Diagrama de Gantt

1 Estudio tecnologías Impresión 3D

¿Qué hay en esta sección?

1.1 ¿Qué es la impresión 3D?

- ¿Qué es?
- Tipos de impresión
- Materiales más utilizados
- Aplicaciones más comunes

1.2 Equipamiento usado para la impresión de los conjuntos

1.1 ¿Qué es la impresión 3D?

La impresión 3D es un **grupo de tecnologías de fabricación por adición** capaz de crear un objeto tridimensional mediante la **superposición de capas sucesivas** de un determinado material.[1] La finalidad es la creación de un objeto físico a partir de un archivo CAD.

- Existen diferentes **tipos de impresión 3D**:

- Extrusión de material.
- Polimerización VAT.
- Fusión en lecho de polvo (polímeros/metales).
- Inyección de material.
- Binder Jetting.

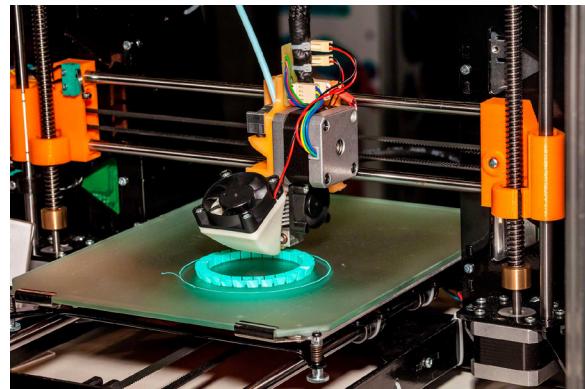


Ilustración 1 - Impresora 3D [2]

Cada uno de estos tipos de impresión 3D admite una **gran cantidad de materiales** donde hay que destacar el ABS y PLA que son los más utilizados.

- **ABS**: plástico muy **resistente**, que aguanta **altas temperaturas**, ofrece cierta flexibilidad y es fácil de pintar. Aconsejable utilizar cama de impresión caliente, ya que el material se imprime a 220-250°C.
- **PLA**: polímero constituido por elementos similares al ácido láctico y con propiedades similares a las del PET. Es un termoplástico **fabricado a partir de almidón de maíz, yuca, mandioca o caña de azúcar**.

La ventaja de esta tecnología frente a otras es la capacidad de adaptación en el día a día, por lo que es muy común encontrarla en diversas aplicaciones como:

- **Educación**: gran rango de aplicaciones, ayudando a alumnos y profesores a **visualizar y comprender conceptos** totalmente abstractos. Se usa para hacer prototipos, maquetas, utilajes o incluso para realizar herramientas a medida.
- **Diseño industrial**: puede que sea la **aplicación más común**, gracias a la versatilidad de la tecnología se pueden realizar numerosas geometrías que con otros procesos no se pueden hacer o elevarían mucho el coste de la pieza.



Ilustración 2 - Educación [3]

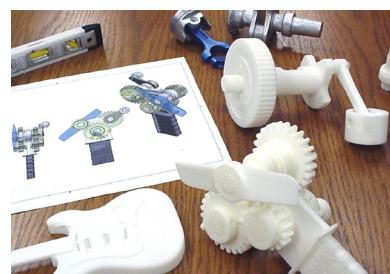


Ilustración 3 - Diseño industrial [4]

(Se detalla más información sobre la **Impresión 3D** en Anexo I)

1.2 Equipamiento usado para la impresión de los conjuntos

Para la realización de la impresión de todas las piezas de las que se componen ambos conjuntos, (Inversor para correa y Reductor de tres ejes) se va a **utilizar el siguiente material** el cual dispone la Universidad de Zaragoza:

- **Material: ABS**, este tipo de material es muy resistente ya que aguanta altas temperaturas, ofrece gran flexibilidad y es fácil de pintar. Es aconsejable utilizar una cama de impresión caliente ya que la temperatura de impresión del material es de 220-250°C.

- **Tecnologías:** FDM, inyección de aglutinante, estereolitografía, PolyJetting.

- **Ventajas:** material asequible, duro, ligero, alta resolución, flexible y disponible en una gran variedad de colores.

- **Desventajas:** emisión de humos al alcanzar punto de fusión, se degrada a causa de la humedad ambiental.

- **Precio:** 27.95 € (700g)



Ilustración 4 - ABS [5]



Ilustración 5 - Pieza 3D

- **Impresoras 3D Zortrax:** se utiliza el proceso de **extrusión de material (FDM)**, consiste en empujar un filamento de material termoplástico sólido a través de una boquilla pre calentada a una temperatura determinada, haciendo que se derrita en el proceso. La impresora deposita el material en una plataforma a lo largo de una trayectoria predeterminada, donde el filamento se enfria y solidifica para formar el objeto final. A continuación se muestran las dos impresoras que se van a utilizar y sus características principales.

- Material: ABS, PLA.
- Peso: 13 Kg
- Dim.Impresión: 200*200*185 mm
- Espesor mínimo capa: 0.4-0.8 mm
- D boquilla: 0.4 mm

- Material: ABS, PLA.
- Peso: 30 Kg
- Dim.Impresión: 300*300*300 mm
- Espesor mínimo capa: 0.4-0.8 mm
- D boquilla: 0.4 mm



Ilustración 6 - Zortrax M200



Ilustración 7 - Zortrax M300

2 Estudio tecnologías Realidad Aumentada

¿Qué hay en esta sección?

2.1 ¿Qué es la realidad aumentada?

- ¿Qué es?
- Niveles de realidad aumentada
- Aplicaciones más comunes

2.2 Programa usado para la realidad aumentada

- Aumentaty Author
- Scope

2.1 ¿Qué es la realidad aumentada?

La **realidad aumentada (RA)** hace referencia al conjunto de tecnologías que hacen que un determinado usuario tenga la posibilidad de ver parte del mundo real a través de un dispositivo tecnológico (smartphone, tablet ...) añadiendo a este cierta información gráfica. Esto consiste en que el **aparato electrónico añade cierta información virtual a la propia información física** ya existente en el entorno, es decir, una información virtual aparece a través de los dispositivos en la realidad.

Como consecuencia de esta tecnología, **se combinan los elementos físicos tangibles con elementos virtuales**, creando de esta manera una realidad aumentada en tiempo real. [6]



Ilustración 8 Ejemplo Realidad Aumentada [7]

Existen diferentes niveles de realidad aumentada:

- **Nivel 0: Hiperenlaces en el mundo físico.** En este nivel los activadores de realidad aumentada son códigos QR, estos códigos se enlazan con sitios web. Para poder utilizarlos es necesario tener un lector de códigos QR en el dispositivo electrónico y una vez escaneado te redirigirá a una página web determinada.
- **Nivel 1: Realidad aumentada basada en marcadores.** En este nivel los activadores son marcadores, que una vez escaneado normalmente se suelen obtener modelos 3D superponiéndose al mundo físico.
- **Nivel 2: Realidad aumentada sin marcadores.** En este nivel los activadores son imágenes, objetos o localizaciones GPS.
- **Nivel 3: Visión aumentada.** En este nivel la realidad aumentada es incorporada en gafas o lentillas biónicas. [8]



Ilustración 9. Nivel 0 [9]

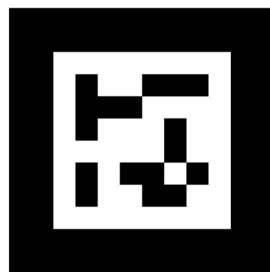


Ilustración 10. Nivel 1 [10]



Ilustración 11. Nivel 2 [11]



Ilustración 12. Nivel 3 [12]

La principal finalidad de la realidad aumentada es **dotar al usuario de otro punto de vista respecto al mundo cotidiano**, haciendo referencia al mundo profesional, puede servir para plantear nuevos productos sin necesidad de tener desde un primer momento el prototipo final en formato físico, agilizando el proceso y dotándolo de información útil.

A continuación se van a **mostrar una serie de aplicaciones/entornos/casos reales** donde se encuentra implicada la realidad aumentada:

- **Videojuegos:** género en el que más se ha utilizado, gracias a que las empresas han apostado fuerte por este tipo de tecnología.
- **Diseño de interiores:** su finalidad es poder **imaginar como sería el resultado final de un entorno** antes de gastar dinero en comprar materiales o muebles, aportando al usuario un gran abanico de posibilidades.
- **AR Anatomía 4D+:** permite **comprender e interactuar con información compleja** con mayor facilidad, velocidad y profundidad, introduciendo a los usuarios dentro del cuerpo humano a través de un ambiente tridimensional.
- **BMW:** utiliza esta tecnología para la **formación del personal**, simulando una línea de ensamblaje, a causa de que estas tareas se están volviendo cada vez más complejas, buscando así obtener un aprendizaje rápido, eficiente y agradable.



Ilustración 13. Videojuegos [13]



Ilustración 14. Diseño de interiores [14]

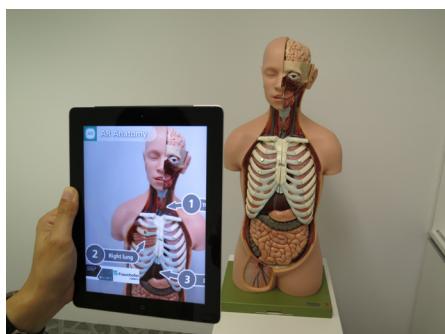


Ilustración 15. AR Anatomy 4D+ [15]



Ilustración 16. BMW [16]

(Se detalla más información sobre la **Realidad Aumentada** en **Anexo II**)

2.2 Programa usado para la realización de Realidad Aumentada

A continuación se va a **explicar brevemente en que consiste y como funciona** Aumentaty Author (creador de realidad aumentada)/Scope (app donde se visualiza la realidad aumentada). Será un proceso visual acompañado de pequeñas explicaciones que ayuden a la comprensión de las imágenes.

En primer lugar, se van a **visualizar las principales pantallas** que presenta el programa **Aumentaty Author**, donde podemos ver que se encuentra el **perfil del usuario** que se crea previamente, **novedades** que muestra el programa y una serie de enlaces a páginas de ayuda, un **buscador** donde poder encontrar, gracias a los diferentes filtros, la gran variedad de proyectos que están colgados en la nube y por último la pestaña donde se crean los diferentes **proyectos**.

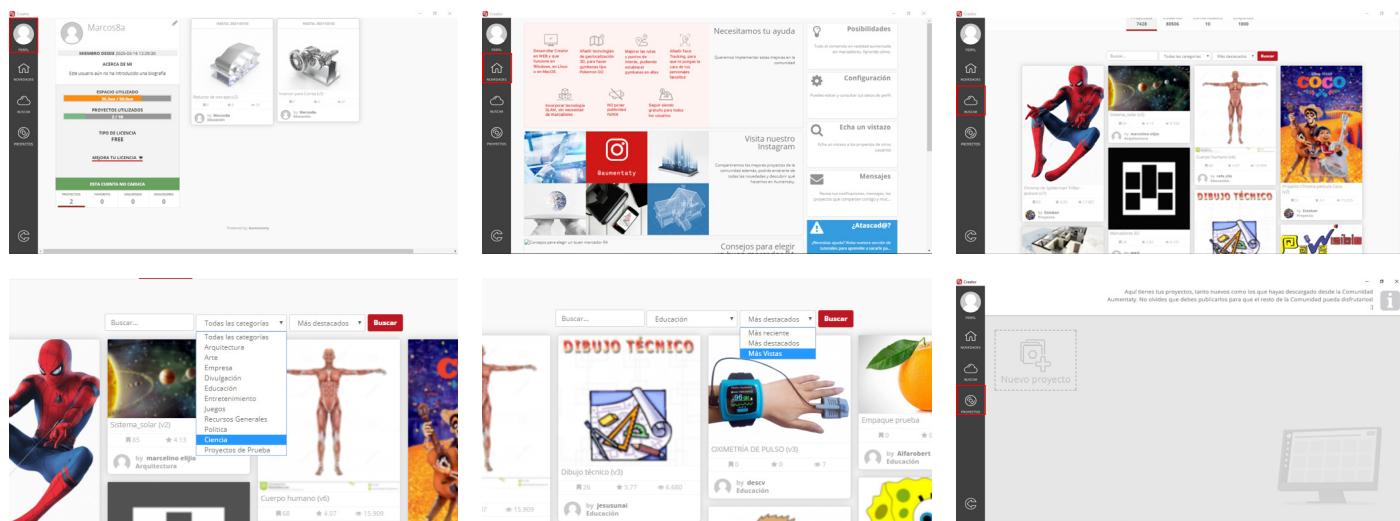


Ilustración 17. Aumentaty 1

Esta versión gratuita te ofrece únicamente la posibilidad de crear y subir 10 proyectos a la nube o no superar los 50MB de almacenamiento, los usuarios que se quieran beneficiar de esta versión no podrán tener sus proyectos indefinidamente en la nube, si no que solo los podrán tener por un espacio de tiempo determinado.

A continuación se va a **mostrar como se realiza un proyecto**, todo lo necesario para crearlo, diferentes posibilidades que ofrece a la hora de introducir elementos, forma de trabajo y capacidades.

Para ello, se comienza por la **creación de un proyecto** nuevo, el programa nos pide diversos datos (nombre del proyecto, descripción y foto representativa), una vez introducidos, el usuario visualiza una pantalla, donde el proyecto se puede modificar arriba a la izquierda y tiene la opción de crear diferentes fichas que es donde se van a **añadir los modelos 3D, diferentes vistas de dichos modelos, incluso videos o enlaces**.



Ilustración 18. Aumentaty 2

Para **cada elemento** que se introduce al proyecto es **necesario crear una ficha**, estas pueden ser de tres tipos diferentes: **marcador** (es el tipo que se va a emplear en este trabajo), **geolocalización** y por último **evento**. (En el esquema inferior en cada una de las imágenes se puede observar una pequeña descripción de cada tipo y como funcionan).

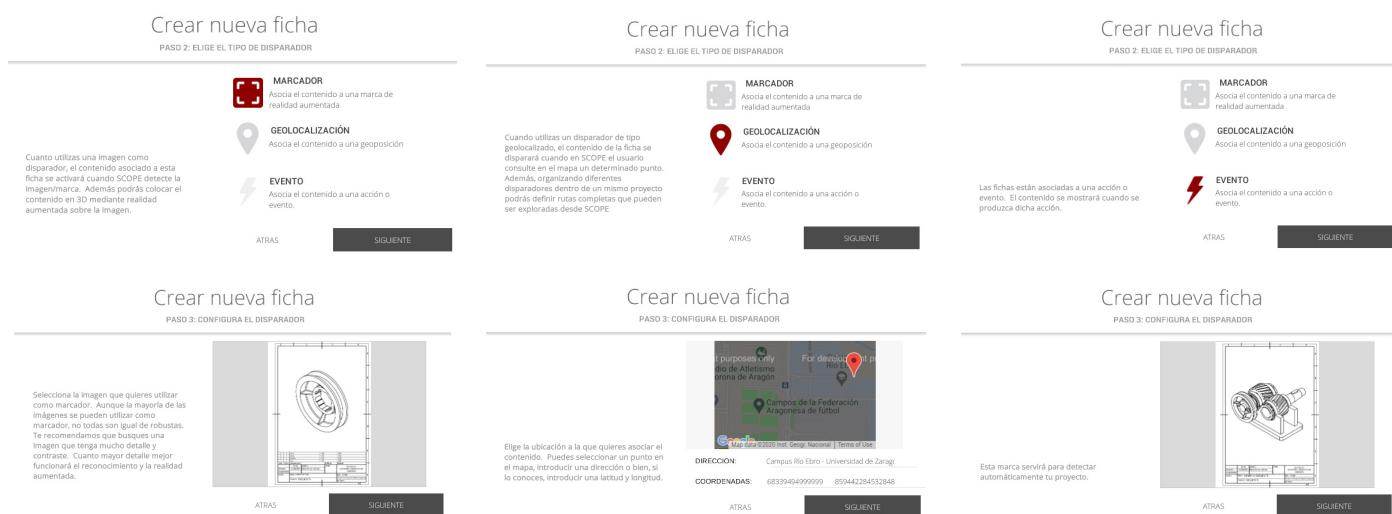


Ilustración 19. Aumentaty 3

Tras crear la ficha, el siguiente paso es **añadir los diferentes elementos** (imágenes, textos, vídeos, modelos 3D, enlaces) que se requieran para la representación en realidad aumentada. En este caso, para el ejemplo, se ha seleccionado el modelo 3D de una válvula encontrada en la biblioteca del programa.

Una vez insertada, el programa ofrece a mano derecha la **posibilidad de rotar, mover, disminuir o aumentar el tamaño** a gusto del usuario, siempre y cuando se encuentren dentro de la circunferencia blanca (espacio de trabajo).

Por último, una vez realizada la ficha, se sale a la pantalla inicial y ya está todo listo para publicar el proyecto.

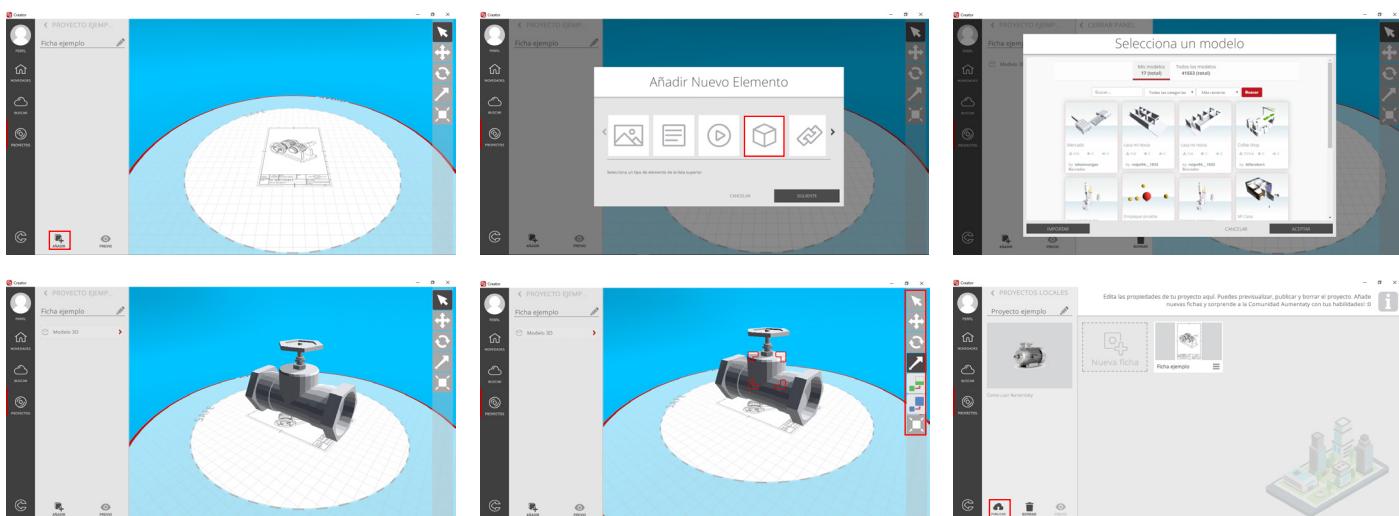


Ilustración 20. Aumentaty 4

Para finalizar con este programa solo queda **realizar la publicación del proyecto**, donde se pueden ver los diferentes **marcadores** que tenemos, **adjudicarle una serie de atributos** para poder encontrarlo fácilmente en Scope (herramienta de visualización) y añadir una pequeña descripción. Una vez realizados todos estos pasos, el proyecto se puede localizar en tu perfil. Si entras en cualquier trabajo creado, te da la opción de descargarlo y poder editarlo en el caso de que al hacer la comprobación de funcionamiento se observe que algo no funciona del todo bien.

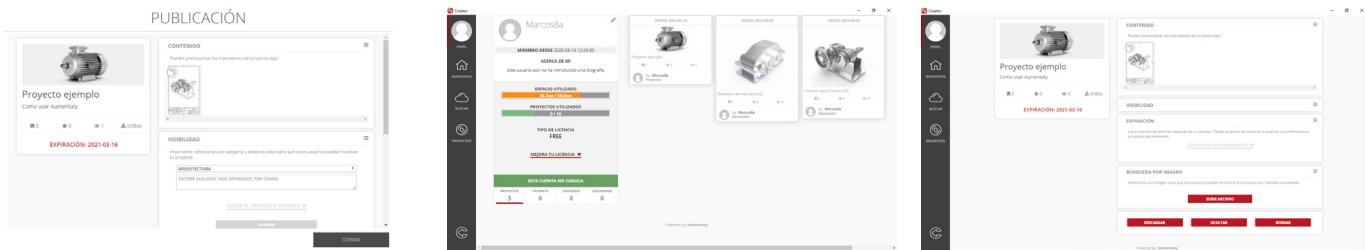


Ilustración 21. Aumentaty 5

A continuación se va a explicar como funciona la **herramienta Scope**, que trata únicamente de una **app de visualización** de diferentes proyectos que se han elaborado en **Aumentaty Author**, programa que se basa en una **herramienta de generación de elementos** en realidad aumentada.

En primer lugar, se trata de una aplicación gratuita que la podremos encontrar en la app Store de nuestro dispositivo móvil, una vez localizada se procede a descargarla.

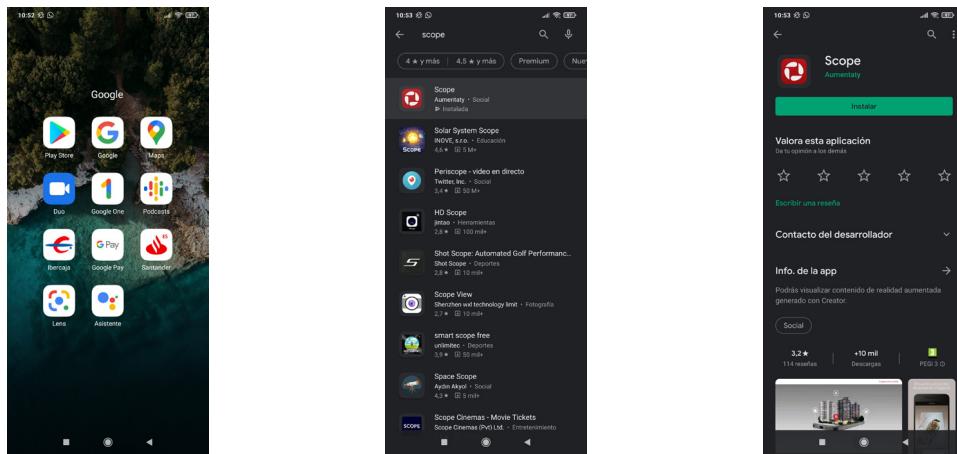


Ilustración 22. Scope 1

La aplicación tiene en la **parte inferior un menú** en el que cada una de las opciones realiza una tarea diferente, de izquierda a derecha y como podemos ver en el siguiente esquema tenemos: **menú principal con información de la app** (ayudas, redes sociales, explicación de funcionamiento...), **explora** (este apartado se utiliza para enfocar algún marcador de la comunidad Aumentaty), **navegador** (para saber en que lugar te encuentras, ya que hay marcadores que son geolocalizadores), **búsqueda** y por último **descargas** (aquí se encuentran todos los proyectos que hayas descargado de la biblioteca de aumentaty).

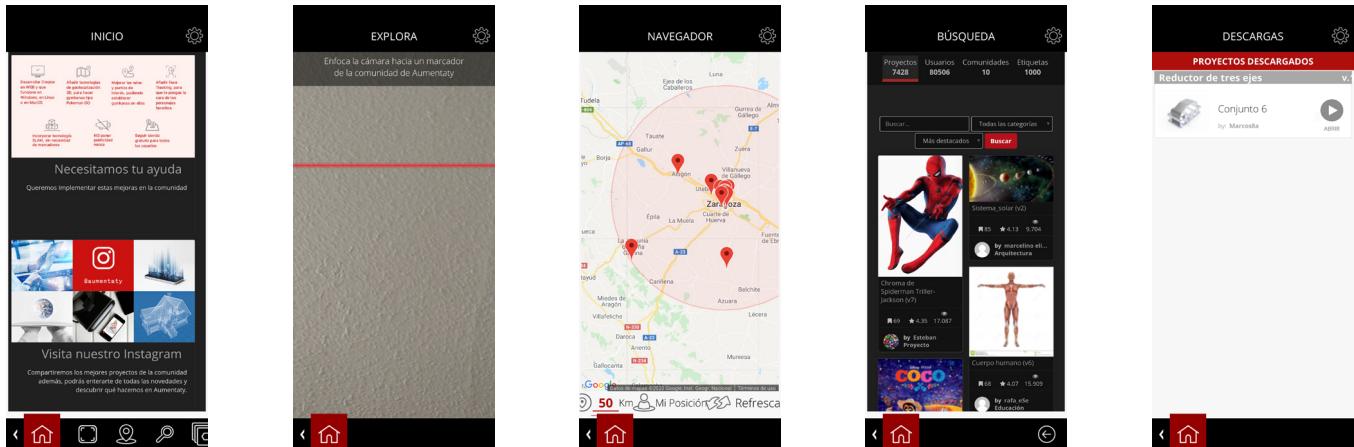


Ilustración 23. Scope 2

En el apartado anterior se ha citado la opción de **búsqueda**, ya que la app tiene la **capacidad de aplicar una serie de filtros** en la que se dividen los proyectos subidos por los usuarios. Gracias a estos filtros, el propio título o palabras clave del proyecto, el usuario tiene mayor facilidad para buscar el proyecto deseado.

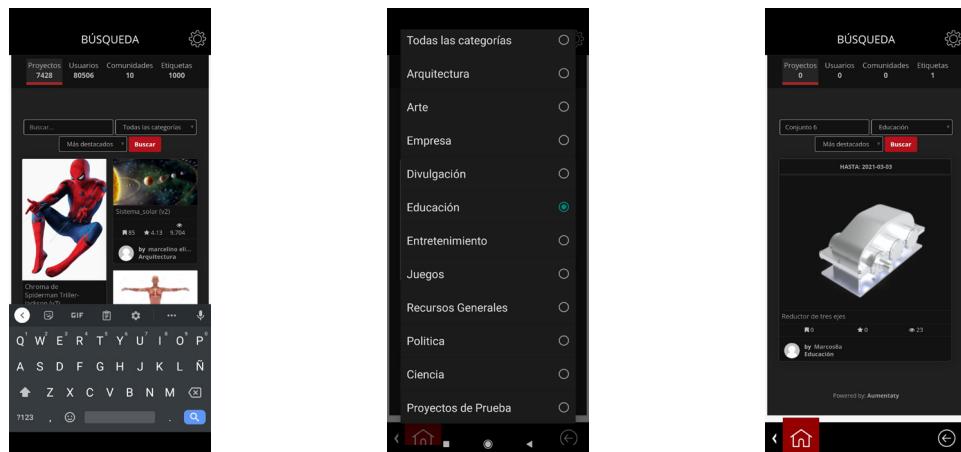


Ilustración 24. Scope 3

Por último una vez **encontrado el proyecto** deseado, el usuario tiene que **descargarlo**. Este archivo se puede encontrar en la última pestaña del menú inferior.

Una vez abierto **se observan todas y cada una de las fichas que conforman el proyecto**, la imagen principal que se puede ver en cada uno de estos apartados es el marcador correspondiente para cargar la información creada previamente con Aumentaty.

La aplicación Scope da la posibilidad de **crear marcadores temporales** en el caso de que en un momento en concreto no se disponga del activador correspondiente.

Funciona de la siguiente manera, seleccionas la opción de crear marcador temporal, con tu dispositivo enfocas un objeto (en este caso una pala de ping pong) y realizas una foto con la cámara de tu dispositivo.

Una vez realizado este paso, cada vez que se enfoque ese objeto se obtendrá la información correspondiente. De la misma manera podemos observar que con su propio activador se muestra la misma información.

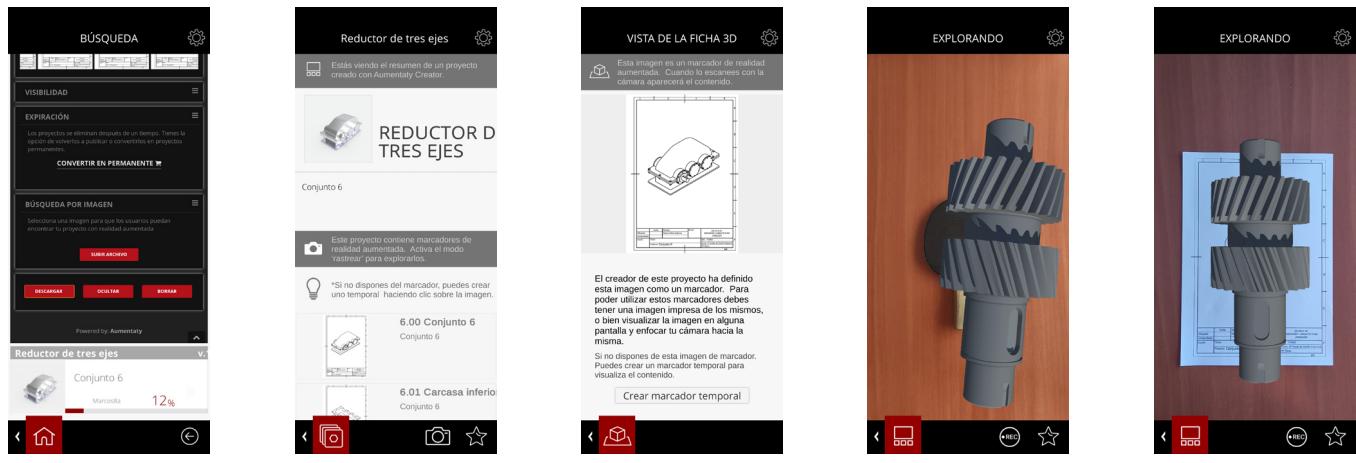


Ilustración 25. Scope 4

3 Estudio PDF 3D

¿Qué hay en esta sección?

3.1 ¿Qué es un PDF 3D?

- ¿Qué es?
- Aplicaciones más comunes

3.2 Evolución plantilla PDF 3D

3.3 Funcionalidades PDF 3D

3.1 ¿Qué es un PDF 3D?

Un documento interactivo es aquel que incorpora funcionalidades propias de una aplicación informática que facilita el acceso a la información, navegación por el contenido, captura de información introducida, etc. Este **formato PDF** permite no solo los contenidos habituales: texto, imágenes..., sino que **soporta también contenidos multimedia**: vídeos, audios, modelos 3D.

Este formato se ha convertido en el nuevo estándar para **intercambio de documentación técnica** de ingeniería. El archivo PDF soporta la **representación de contenidos tridimensionales**, para ello se convierte en formato PDF 3D a partir de los formatos CAD más habituales (.stl, .igs, .obj, .step, ...).[17]

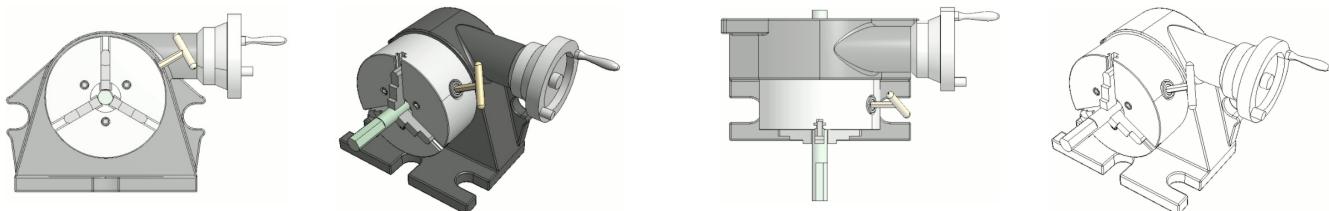


Ilustración 26. Modos visualización [18]

El **modelo 3D** dentro del PDF puede ser **manejado por el usuario** mediante el ratón, con la finalidad de observar el modelo desde diferentes **perspectivas, acercar, alejarse, entrar en su interior, incluso se puede cambiar el modo de visualización** del modelo (sólido, contorno de línea, sección cortada) por último también se puede **modificar el tipo de iluminación**.

Aplicaciones principales de este tipo de archivos:

- Solicitud de ofertas de subcontratación de fabricación.
- Catálogos de producto.
- Manuales de uso de equipos y maquinaria.
- Instrucciones de instalación, mantenimiento, reparación.
- Guías de montaje/ensamblado.
- Catálogos de piezas y componentes.
- Folletos comerciales.
- Presentaciones interactivas.

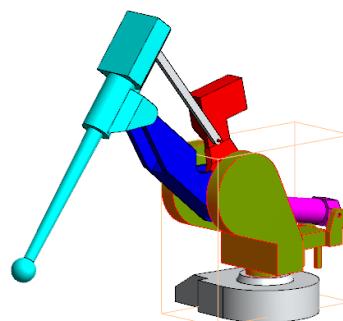


Ilustración 27. Ejemplo PDF 3D

3.2 Evolución plantilla PDF 3D

Para la realización de los PDF interactivos se necesita una plantilla, esta plantilla viene predeterminada por el programa, pero el usuario tiene la **posibilidad de editarla** a su gusto añadiendo o quitando todo lo que crea necesario para optimizar el funcionamiento de la misma.

A continuación, en el siguiente esquema se va a ver la **evolución de la plantilla**, desde que se descargó hasta llegar al resultado final.

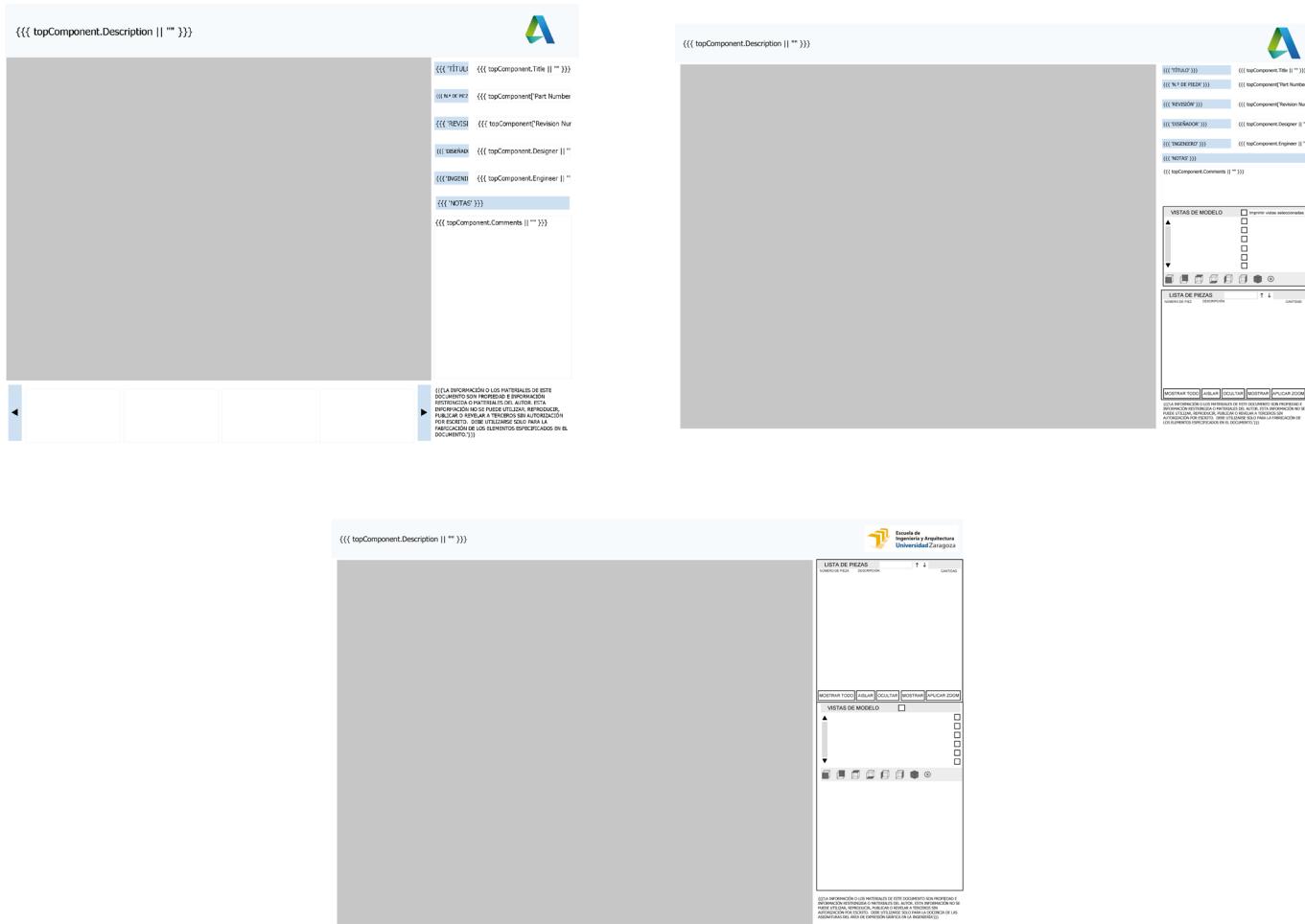


Ilustración 28. Evolución plantilla

Como se puede ver, el cambio es notorio, donde se puede observar que se ha **añadido en la columna de la derecha** un espacio destinado a la **lista de elementos**, una serie de botones (mostrar todo, aislar, ocultar, mostrar y aplicar zoom), las **diferentes vistas del modelo**, una línea con los **diferentes perfiles** representados en un cubo y por último una zona destinada a **visualizar el conjunto completo**.

También se ha realizado el **cambio de logotipo** de Autodesk por el de la Universidad de Zaragoza.

3.3 Funcionalidades PDF 3D

A continuación, se van a mostrar a base de imágenes todas las opciones que otorga la plantilla y con las que el usuario puede interactuar.

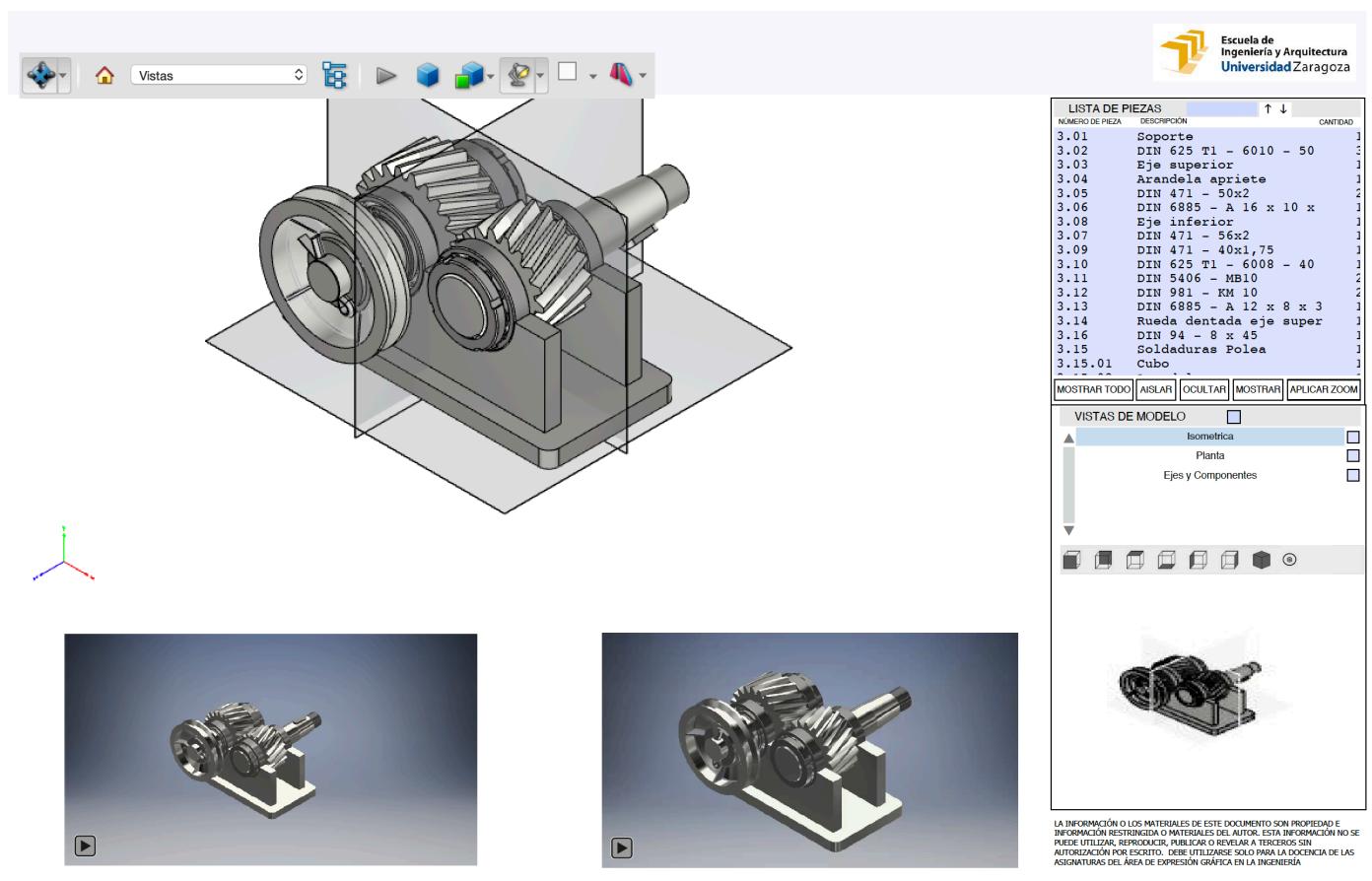


Ilustración 29. Plantilla PDF

Como **funcionalidad principal** el usuario tiene la **capacidad de mover el modelo central con el ratón libremente**, también tiene la posibilidad de **ver cualquier pieza únicamente seleccionándola**, ésta se volverá de color rojo y en la lista de elementos se marcará de color azul oscuro como podemos ver en las imágenes inferiores.

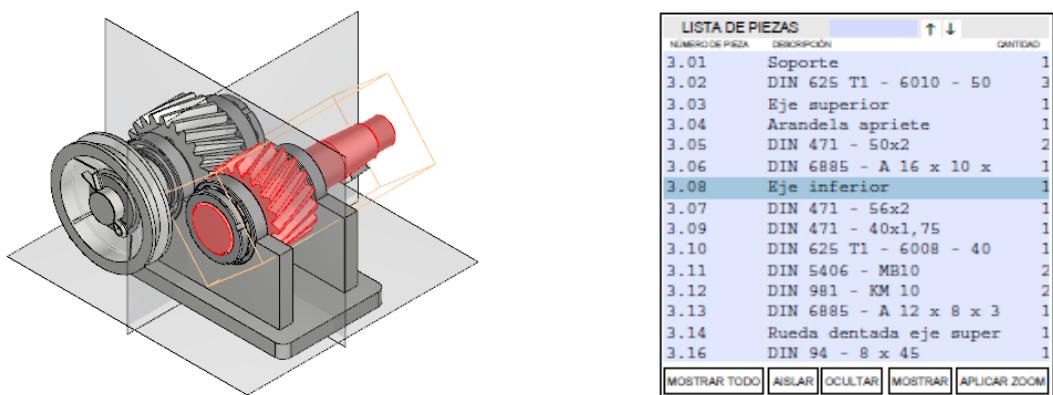


Ilustración 30. Selección pieza

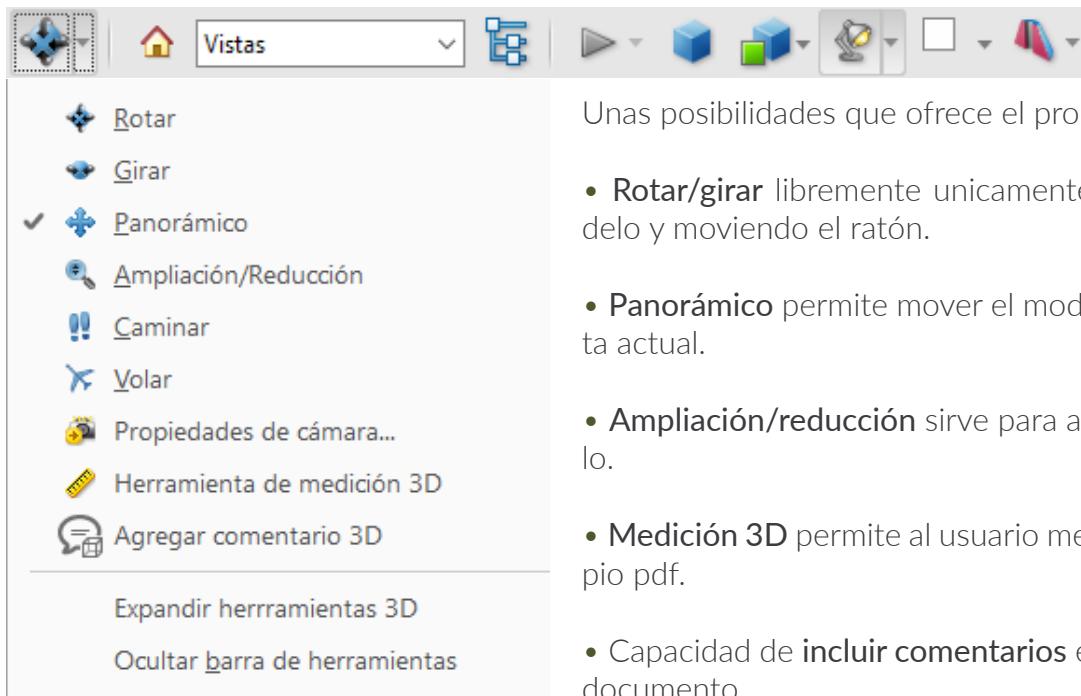


Ilustración 31. Herramientas manejo

Gracias a esa **barra de herramientas** el usuario tiene la posibilidad de ver todas las piezas y componentes del modelo en forma de **lista**, **cambiar la perspectiva** (isométrica-ortogonal), **variar la estética** del modelo, **cambiar la iluminación**, cambiar el color del fondo y por último **realizar cortes**.

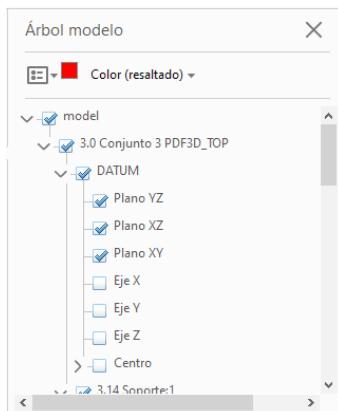


Ilustración 32. Lista piezas

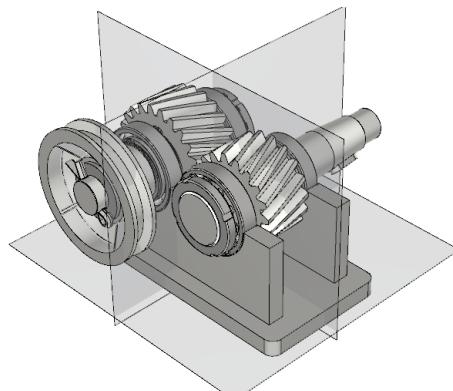


Ilustración 33. Perspectiva

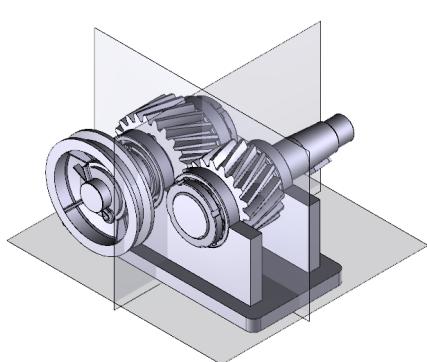


Ilustración 34. Iluminación

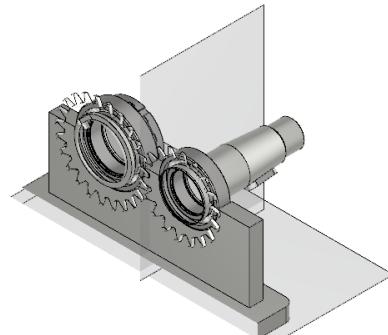


Ilustración 35. Corte

Otras de las opciones que otorga esta plantilla es la **posibilidad de buscar piezas, aislarlas y ocultarlas entre otras muchas**. A continuación se muestran unas imágenes donde se puede comprobar cada una de estas opciones.

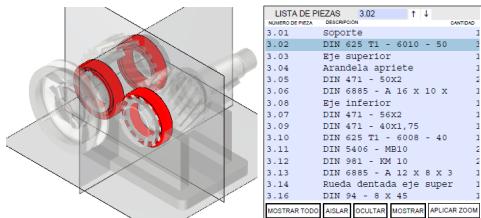


Ilustración 36. Búsqueda piezas

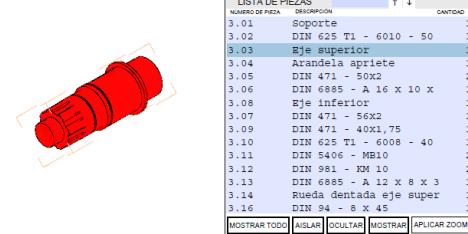


Ilustración 37. Aislar

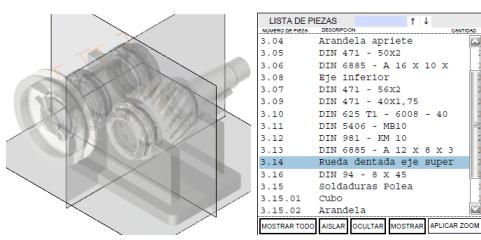


Ilustración 38. Ocultar



Ilustración 39. Vistas del modelo

A su vez, cabe la **posibilidad de crear diferentes vistas**, cada una de estas vistas tiene una representación diferente (piezas ocultas, solo piezas no comerciales), y es el usuario el que decide cuales crear. En la parte inferior hay un espacio que hace referencia a las **principales vistas del modelo** (alzado, planta superior, planta inferior, parte trasera y los diferentes perfiles).

Por último Adobe Acrobat da la posibilidad a los usuarios a **introducir contenido multimedia** como vídeos, modelos 3D, audios y botones. Para ello hay que seguir el siguiente proceso:

Abrir el PDF -> Herramientas -> Medios Enriquecidos -> Agregar Vídeo -> Seleccionar archivo

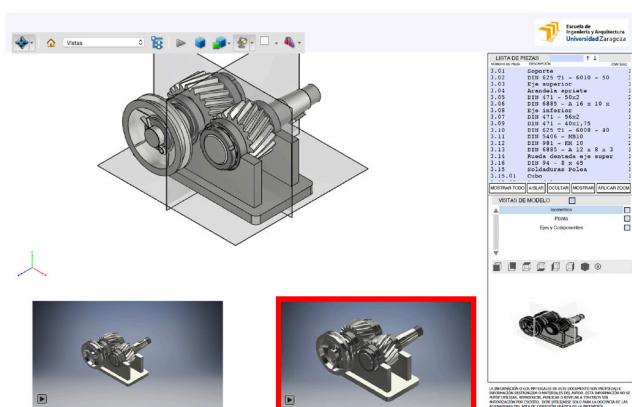


Ilustración 40. Vídeos representativos

4 Resultados obtenidos

¿Qué hay en esta sección?

4.1 Cuadro sinóptico

- Proceso modelado
- Proceso impresión 3D
- Proceso realidad aumentada
- Proceso PDF 3D

4.2 Conjunto 3 Inversor para correa

4.3 Conjunto 6 Reductor de tres ejes

4.4 PDF 3D y Realidad aumentada

4.5 Montaje Impresión 3D

4.1 Cuadro sinóptico

En primer lugar, para la obtención del resultado final de cada parte, se ha realizado el modelado de cada uno de los conjuntos, y una vez obtenido se procede al proceso de **Modelado - Impresión 3D**, **Modelado - Realidad aumentada** y **Modelado - PDF 3D**, por lo que se ha realizado una metodología de trabajo que se va a explicar a continuación a modo de esquema.

- **Proceso Modelado (Autodesk Inventor)**

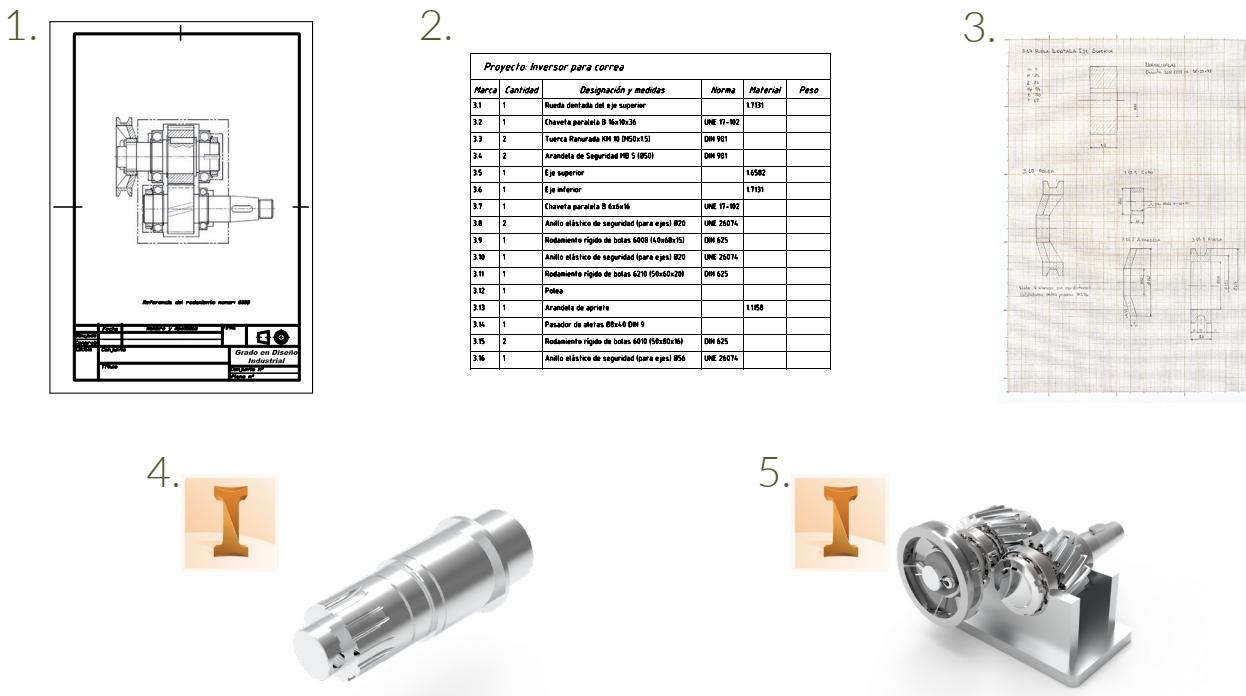


Ilustración 4.1. Proceso modelado

- 1- Punto de partida: plano de conjunto.
- 2- Obtención de medidas de las piezas normalizadas.
- 3- Croquis de piezas no normalizadas.
- 4- Modelar cada una de las piezas.
- 5- Ensamblar tanto piezas normalizadas como no normalizadas.

A continuación se va a explicar el proceso seguido, en primer lugar se parte del **plano de conjunto**. Se identifican todas y cada una de las piezas y se prosigue a obtener las medidas (cotas funcionales) de las **piezas normalizadas en el prontuario**. Estas medidas hay que respetarlas en todo momento ya que si alguna medida de alguna pieza es menor que la normalizada no va a encajar.

Una vez obtenidas estas medidas, se procede a la **medición de cada pieza en el plano de conjunto y a la creación de los planos de croquis** de cada una de las piezas para su **posterior modelado** en el programa Autodesk Inventor.

Por último con todas las piezas no comerciales modeladas, es hora de **proceder a ensamblarlas y conseguir así el conjunto entero**.

(Se detallan todos los planos sobre **Croquis de piezas en Anexo III**)

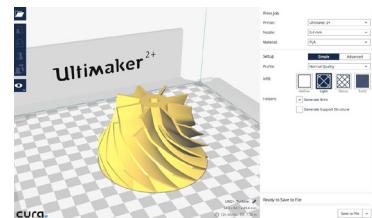
- Proceso Impresión 3D



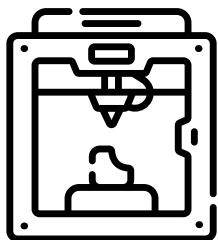
7.



8.



9.



10.



Ilustración 42. Proceso Impresión 3D

- 6- Ajuste de calidades de las piezas en archivo .ipj (inventor).
- 7- Conversión de archivos .ipj a .stl.
- 8- Ajuste piezas .stl en Cura y de las propiedades de impresión.
- 9- Impresión de modelos 3D.
- 10- Resultado final de impresión.

Una vez el proceso de modelado esta finalizado, hay que **modificar aquellas piezas** que vayan unas encajadas con otras (ejemplo: eje - engranaje) ya que el material de la impresión 3D tiende a expandirse. Por lo que a las piezas que hagan de **eje se les reduce aproximadamente 0.5 mm** y a las piezas que cumplen la función de **agujero se aumenta 0.5 mm** en las zonas que estén en contacto entre sí.

Tras ajustar todas las piezas el siguiente paso es **convertir cada archivo .ipj** a un archivo compatible con la **impresión 3D (.stl)** (*Importante: a la hora de guardar este tipo de archivos hay que darles muy buena calidad).

A continuación, en el programa se orienta cada pieza de tal manera que tarde el **menor tiempo posible**, **se evite el desperdicio de material** generado en soportes innecesarios y todo ello obteniendo una **gran calidad en el acabado final**. Para ello se introduce la posición de impresión y datos como temperatura, grosor de capa, velocidad en el programa cura.

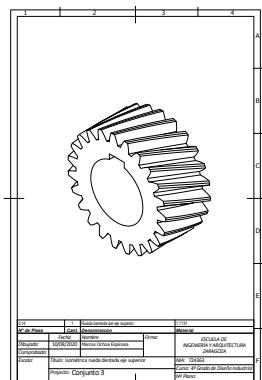
Por último, el propio programa **Cura te muestra el tiempo que va a tardar** cada pieza en generarse, por lo que el usuario solo tiene que estar pendiente de que la impresora no se atasca y que siempre tenga a disposición material para seguir trabajando.

- Proceso Realidad aumentada (Aumentaty/Scope)

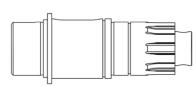
11.



12.



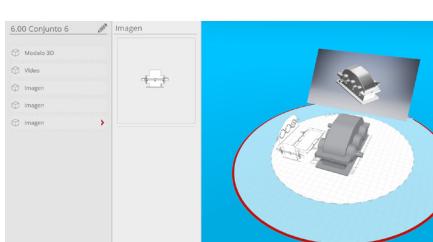
13.



14.



15.



16.



Ilustración 43. Proceso realidad aumentada

11- Conversión archivos .ipj a .obj

12- Generar marcadores para la realidad aumentada.

13- Generar vistas significativas de cada pieza.

14- Crear proyecto en Aumentaty.

15- Introducir modelo 3D, vídeo explosionado y vistas.

16- Reproducir conjuntos en Scope.

En primer lugar, se **convierten** todos los archivos de **inventor .ipj** a formato **.obj** que es compatible con Aumentaty. Para el funcionamiento de los programas de realidad virtual **es necesario una serie de marcadores**, en este caso se van a sacar planos de cada una de las piezas con el fin de que cumplan dicha función.

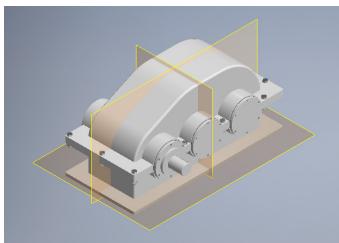
A continuación, en inventor se **generan planos con las diferentes vistas (alzado, perfil, planta)** y se exportan a pdf, para que el proyecto gane visualmente se recortan de tal manera que solo se visualice la vista.

A la hora de **crear el proyecto**, el programa pide una serie de información como, imagen principal y descripción. Una vez creado, **se agregan y posicionan** en el espacio de trabajo, tanto el **modelo 3D**, el **vídeo explosionado** y las respectivas **vistas de cada pieza**.

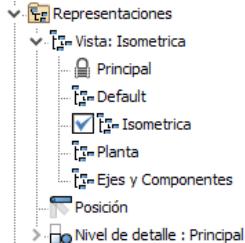
Por último, el usuario tiene que **publicar el proyecto** en la biblioteca del programa y **descargarlo en la aplicación Scope**. Una vez dentro de esta app, el usuario únicamente tiene que enfocar con la cámara de su dispositivo a un marcador y le aparecerá todo la información que contenga ese activador.

- Proceso PDF 3D

17.



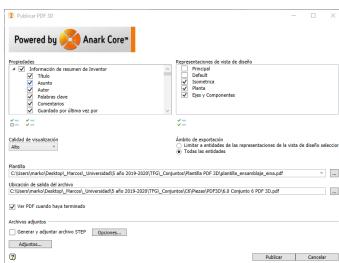
18.



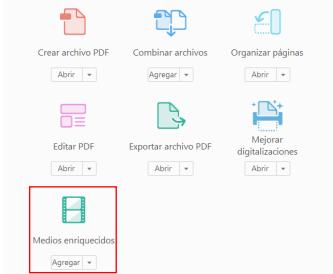
19.



20.



21.



22.

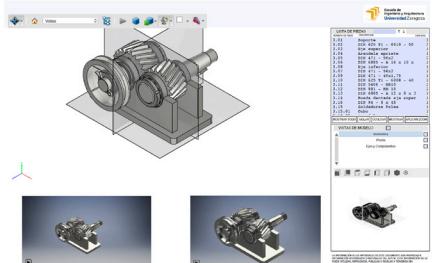


Ilustración 44. Proceso PDF 3D

- 17- Preparación del modelo en inventor.
- 18- Generar diferentes vistas principales.
- 19- Exportar a PDF 3D
- 20- Establecer condiciones de exportación.
- 21- Introducir vídeos en el PDF 3D.
- 22- Abrir PDF 3D

En primer lugar, para la generación de los PDF 3D, es necesario realizar el **proceso de modelado de los conjuntos**. Una vez modelados, el usuario tiene la posibilidad de **crear diferentes vistas** que luego se van a representar en la plantilla y a su vez puede interactuar con ellas.

Una vez realizado los dos pasos anteriores, se procede a **exportar en formato PDF 3D** en donde una vez seleccionado el tipo de archivo, aparecen las **condiciones y opciones de guardado del documento**.

Los PDF tienen la posibilidad de **introducir diferentes objetos** (modelos 3D, videos, audios...), en este caso, con la opción de medios enriquecidos que proporciona adobe, se introduce tanto el vídeo explotado como el de movimiento de cada conjunto.

Por último, ya con el modelo 3D en el PDF y los videos perfectamente introducidos, solo queda **abrir el PDF** donde el usuario podrá interactuar de maneras muy variadas (seleccionar piezas, vistas, ver videos, realizar cortes etc).

4.2 Conjunto 3 Inversor para correia

Tras realizar los procesos explicados en el apartado anterior, se obtiene el siguiente resultado.

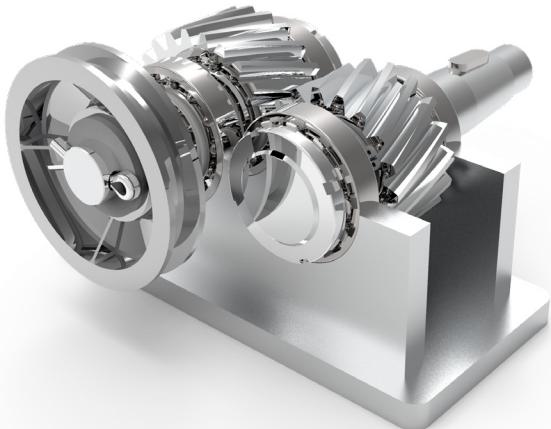


Ilustración 45. Vista isométrica Conjunto 3



Ilustración 46. Vistas más representativas

A su vez, se ha realizado el **plano de conjunto** con su lista de elementos y los **planos de los subconjuntos** que formaban el Inversor para correas.

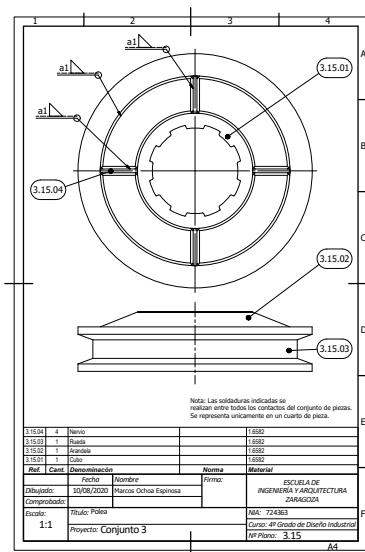
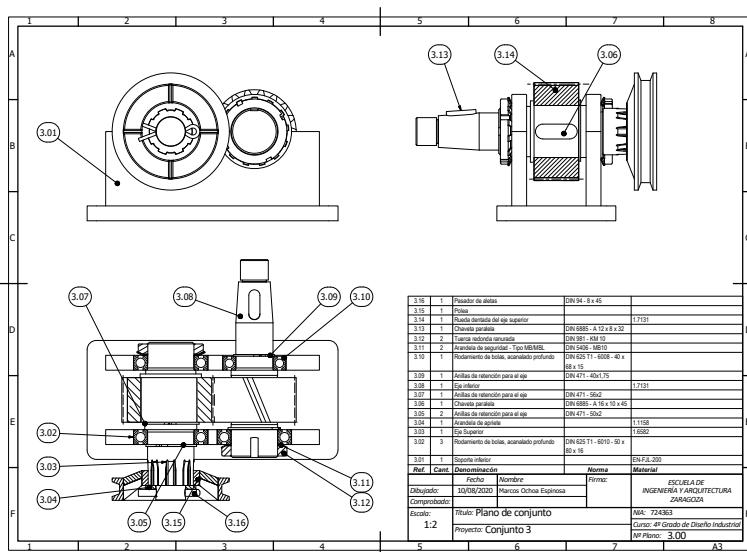


Ilustración 47. Planos Conjunto 3

(Se adjuntan Planos a tamaño real en Anexo IV)

Para poder definir y localizar todas las piezas que forman el conjunto, se han realizado diferentes vistas, cortes, y vistas superpuestas. A su vez, para la definición completa de los engranajes, se ha requerido de edición de bocetos para poder localizar el módulo del mismo y así poder conseguir una geometría óptima que los cortes no proporcionaban.

El principal problema que se genera es a causa de los engranajes, ya que son helicoidales en vez de engranajes rectos lo que proporcionaba una geometría difícil de editar.

A continuación, a modo de secuencia de imágenes se puede observar tanto un **explosionado** como una **representación del movimiento** que genera cuando está en funcionamiento.

- Secuencia explosionado

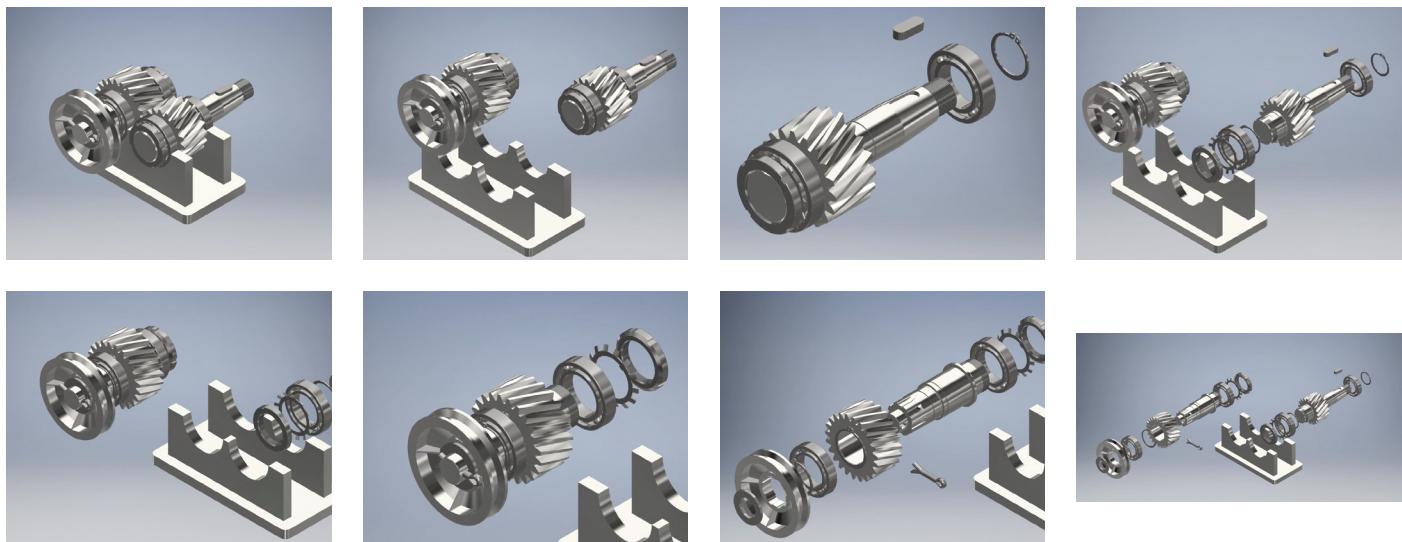


Ilustración 48. Secuencia explosionado

- Secuencia movimiento

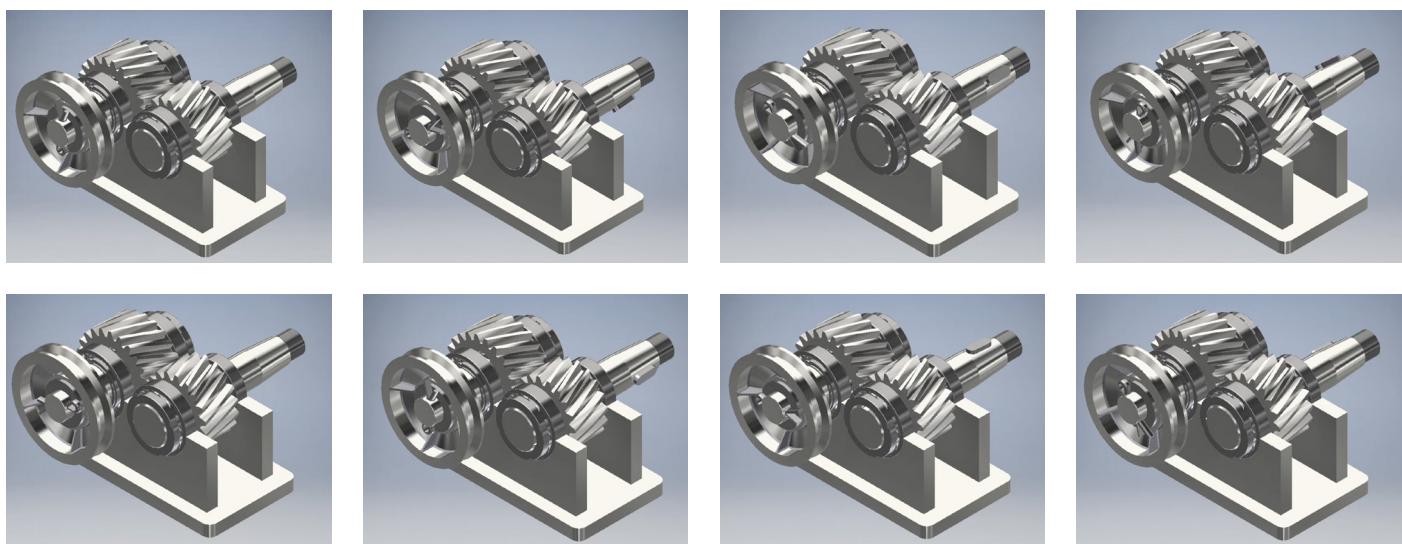


Ilustración 49. Secuencia movimiento

Como comprobación del funcionamiento del conjunto y que desarrolla su función perfectamente hay que fijarse en la posición de los nervios de la polea, o del mismo modo, fijarse en la posición tanto de la chaveta superior derecha o del pasador de aletas que se encuentra junto a la polea y cuya función es evitar que tanto la polea como la arandela se muevan en una dirección horizontal.

En esta secuencia, se muestran fotogramas que equivalen a un poco más de una vuelta realizada por el eje inferior.

- **Renders:** se muestran diferentes vistas y perspectivas de las diferentes piezas y subconjuntos de los que se compone el modelo.



Ilustración 50. Renders Conjunto 3

4.3 Conjunto 6 Reductor de tres ejes

Tras realizar los procesos explicados en el apartado anterior, se obtiene el siguiente resultado.

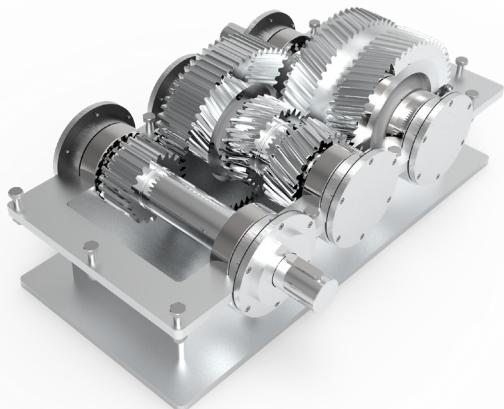


Ilustración 51. Vista isométrica Conjunto 6

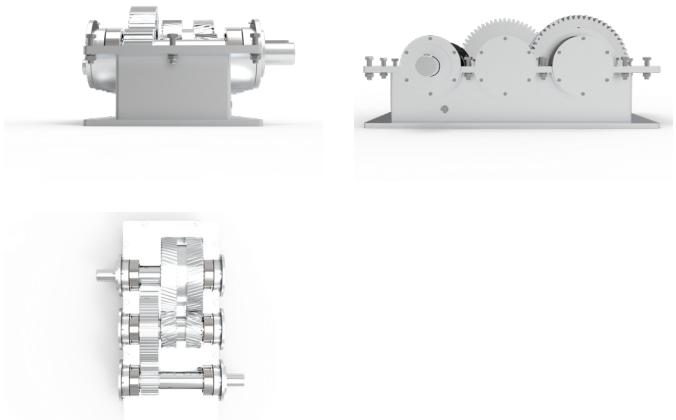


Ilustración 52. Vistas más representativas

A su vez, se ha realizado el **plano de conjunto** con su lista de elementos y los **planos de los subconjunto** que formaban el Reductor de tres ejes.

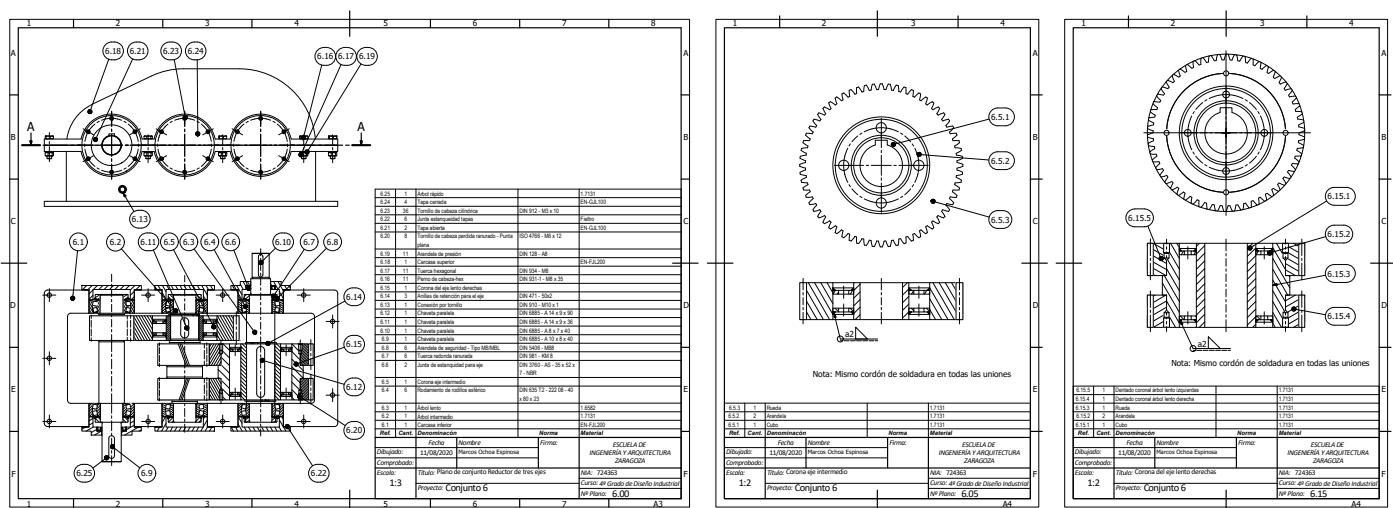


Ilustración 53. Planos Conjunto 6

(Se adjuntan Planos a tamaño real en Anexo IV)

Para poder definir y localizar todas las piezas que forman el conjunto, se han realizado diferentes vistas, cortes, y vistas superpuestas. A su vez, para la definición completa de los engranajes se ha requerido de edición de bocetos para poder localizar el módulo del mismo y poder conseguir una geometría óptima que los cortes no proporcionaban

El principal problema que se genera es a causa de los engranajes, ya que son helicoidales en vez de engranajes rectos lo que proporcionaba una geometría difícil de editar.

A continuación, a modo de secuencia de imágenes al igual que con el conjunto anterior, se puede observar tanto un **explosionado** como una **representación del movimiento** que genera cuando está en funcionamiento.

- Secuencia explosionado

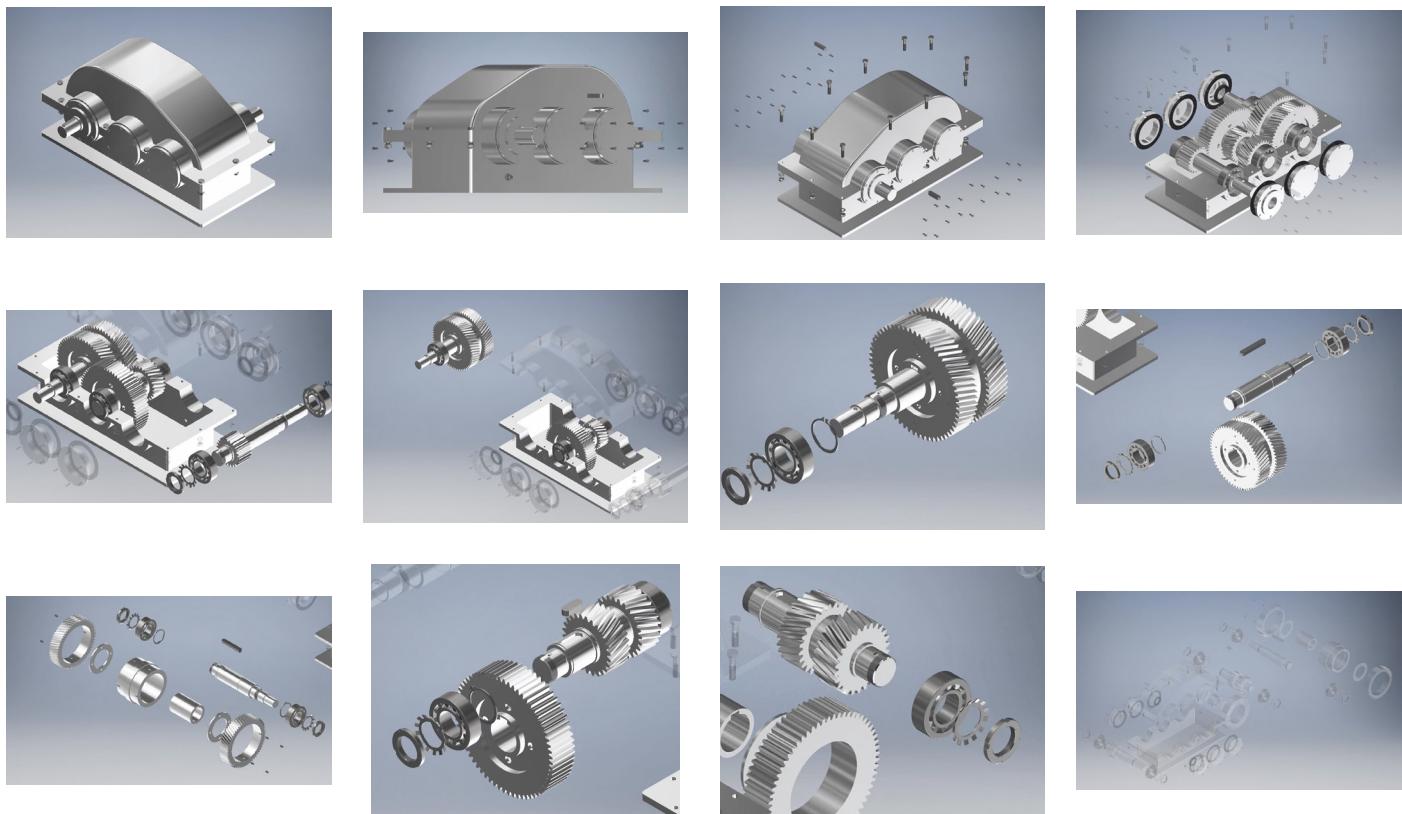


Ilustración 54. Secuencia explosionado

- Secuencia movimiento

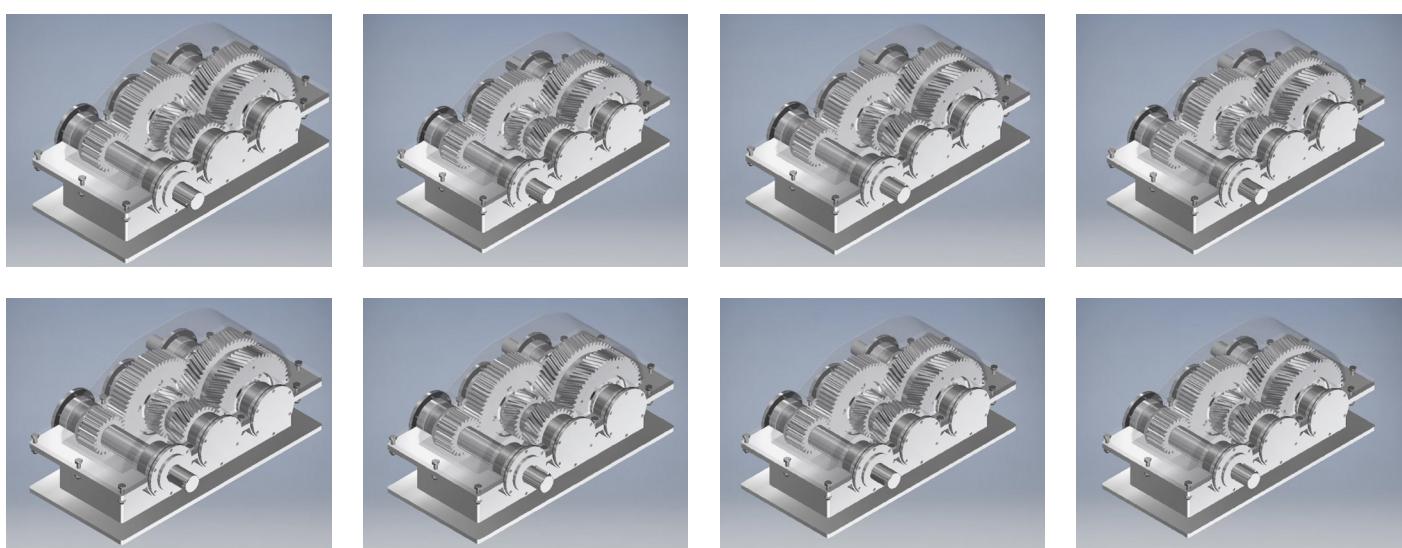


Ilustración 55. Secuencia movimiento

En esta secuencia, para poder comprobar el movimiento, es necesario fijarse en las chavetas que se están en los extremos de los dos ejes exteriores. Este movimiento se corresponde con aproximadamente tres vueltas del eje que se posiciona en el extremo izquierdo.

- **Renders:** se muestran diferentes vistas y perspectivas de las diferentes piezas y subconjuntos de los que se compone el modelo.



Ilustración 56. Renders Conjunto 6

4.4 PDF 3D y Realidad aumentada

En este apartado se pueden ver los resultados obtenidos del pdf 3D (conjunto 3) y lo respectivo a la realidad aumentada (conjunto 6), como son procesos idénticos para ambos conjuntos y en ambos se muestra lo mismo, se ha decidido representarlo de esta manera y no mostrar dos veces lo mismo cambiando el modelo 3D.

- PDF 3D Conjunto 3 Inversor para correa.

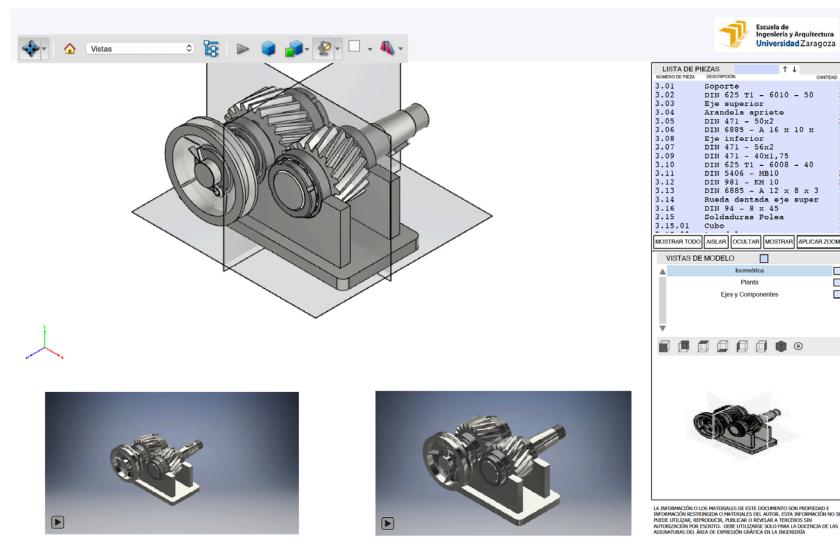


Ilustración 57. PDF 3D Conjunto 3

Este es el resultado final del PDF 3D, donde podemos observar en la zona central una **vista isométrica** junto con los planos más representativos del mismo. En la parte inferior se puede reproducir dos vídeos: uno **explicando la secuencia de montaje** y el otro es una **representación del movimiento** que genera.

A mano derecha se puede visualizar la **lista de elementos** (interactiva) donde el usuario puede buscar, seleccionar, aislar y ocultar piezas, también **diferentes vistas del modelo** programadas anteriormente en Inventor, diferentes botones con las **vistas más significativas** y por último la **visualización del modelo con la vista seleccionada actualmente**.

A continuación se van a mostrar diferentes ejemplos a modo de imágenes de lo citado anteriormente.

- Vistas del modelo

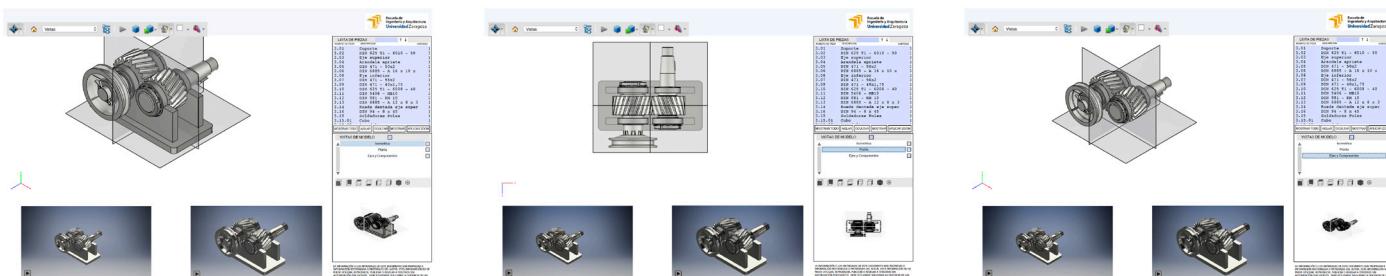


Ilustración 58. Vistas del modelo

- Vistas más significativas

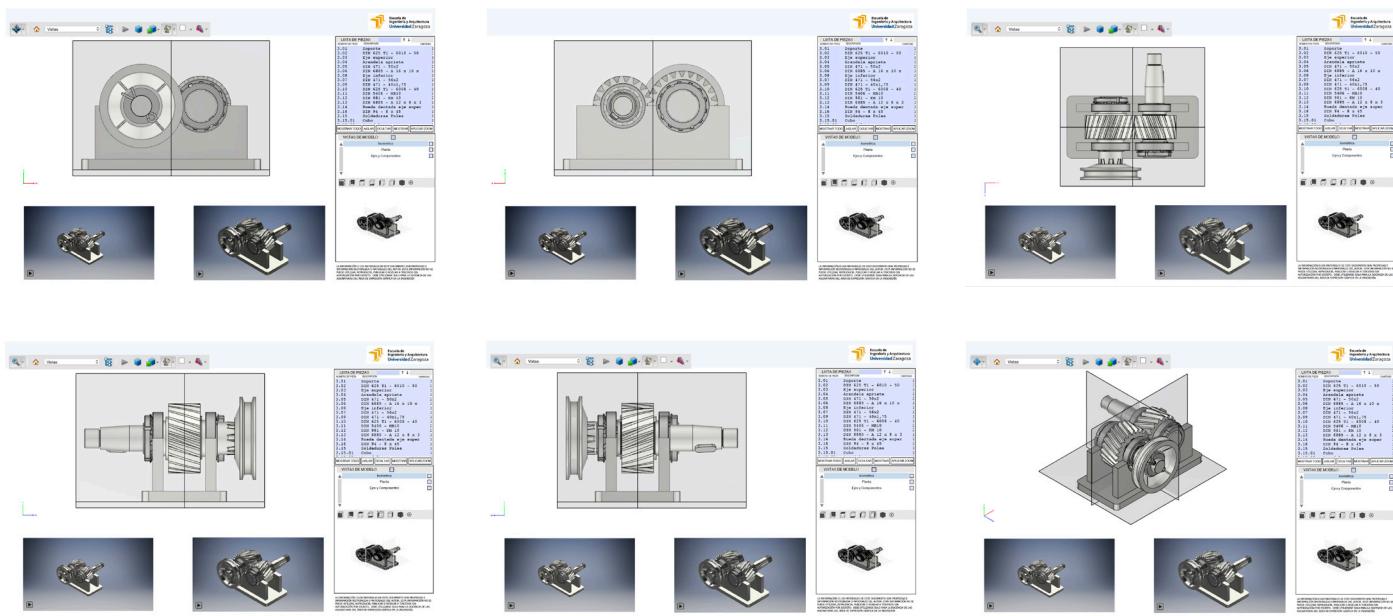


Ilustración 59. Vistas más significativas

- Visualización videos

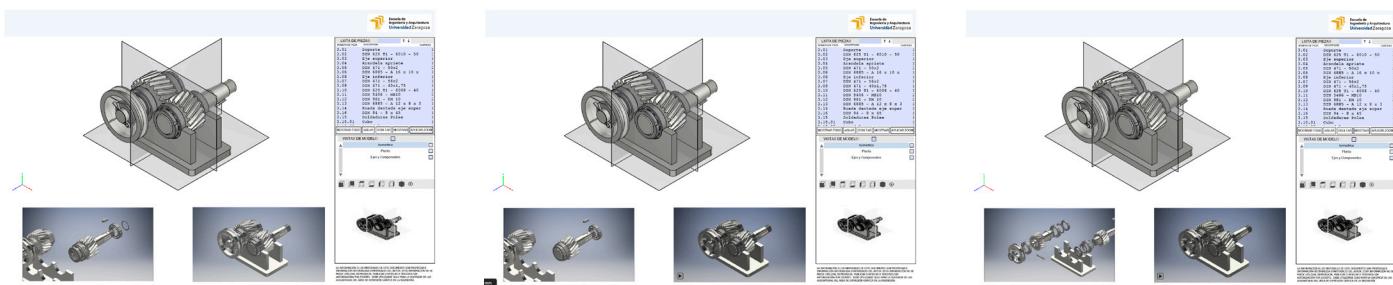


Ilustración 60. Representación videos

Al tratarse de imágenes, no se puede observar claramente todas sus funcionalidades, por lo que a continuación se muestran dos QR que al escanearse, te redirecciona a Google Drive, donde se puede **descargar cada PDF 3D** y así poder ver en primera persona la capacidad de ambos archivos. (Nota: los archivos se tienen que abrir con Adobe Acrobat)

Del mismo modo también se añade un tercer QR que contiene todos los **vídeos de ambos conjuntos**, tanto de explosionado como de movimiento.



Ilustración 61. QR Conjunto 3



Ilustración 62. QR Conjunto 6



Ilustración 63. QR Videos

- Realidad Aumentada Conjunto 6 Reductor de tres ejes.

Para la **visualización de los modelos** en realidad aumentada se ha utilizado la aplicación **Scope** (explicada anteriormente), el proceso se ha desarrollado a través de un **dispositivo móvil**.

En las siguientes imágenes se muestra el conjunto 6 al completo, pero se han realizado diferentes vistas para que se pueda observar la **transición del vídeo explosionado** que se encuentra en la parte superior.

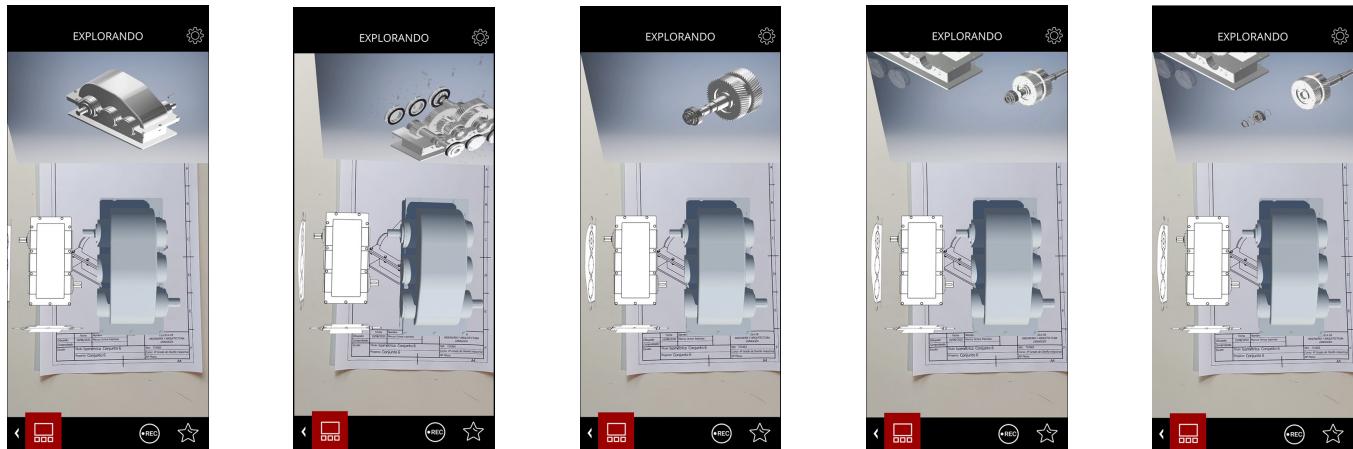


Ilustración 64. Conjunto 6 en realidad aumentada

Todos y cada uno de los **marcadores muestran el modelo 3D y las diferentes vistas más significativas**, salvo el marcador del conjunto que además muestra un **vídeo explosionado**. A continuación se muestra todas las **piezas no normalizadas** de las que se compone el "Reductor de tres ejes".



Ilustración 65. Piezas Conjunto 6 en realidad aumentada

(Se adjuntan **Marcadores RA** en Anexo V)

4.5 Montaje Impresión 3D

En este apartado se puede observar el **proceso de montaje de las diferentes piezas no normalizadas y comerciales** para la obtención del prototipo final del "Conjunto 3 Inversor para correa"

En primer lugar se distribuyen y localizan todas las piezas comerciales y se ordenan junto a la pieza impresa correspondiente.



Ilustración 66. Piezas comerciales



Ilustración 67. Piezas impresas en 3D



Ilustración 68. Ensamblaje de piezas

Seguidamente se comienzan a montar dichas piezas de tal manera que tienen que encajar perfectamente. Una vez ensambladas, se procede a insertar los diferentes subensamblajes en el soporte con cuidado y observando que los engranajes engranan y reproducen el movimiento esperado.



Ilustración 69. Eje inferior



Ilustración 70. Eje superior



Ilustración 71. Conjunto 3 Inversor para correa

5 Conclusiones

Tras la realización del trabajo final de grado sobre "Modelado 3D, desarrollo y representación mediante realidad aumentada de un inversor y un reductor de velocidad" se ha llegado a una serie de conclusiones que se muestran a continuación:

- La **evolución de las tecnologías de realidad aumentada** ayudan al ser humano en su día a día, facilitando el desarrollo de tareas, beneficiando el aprendizaje o incluso evitando situaciones problemáticas en el trabajo.
- El uso de la **realidad aumentada** en la vida cotidiana está **mucho más implementada que la realidad virtual**.
- Versatilidad, valor económico y facilidad de uso que proporciona la **impresión 3D en la actualidad**.
- Uso del **PDF 3D como herramienta de trabajo**, aportando más información que otros formatos de archivos.
- Conocimientos obtenidos tras la realización del trabajo:
 - **Mayor aprendizaje** del programa Autodesk Inventor, por el hecho de utilizar herramientas que antes no había usado.
 - **Descubrimiento de la realidad aumentada** y la gran cantidad de información que puede aportar, a la vez del aprendizaje de programas como Aumentaty Author.
 - Mayor manejo con las **herramientas que proporciona el PDF 3D** (implementar vídeos, búsqueda de piezas, selección de vistas ...).
 - Desarrollo de una **mentalidad diferente frente a la impresión 3D** y aprendizaje sobre los métodos que hay que seguir para obtener un resultado óptimo.
 - **Creación de una metodología de trabajo** para poder implementar con cualquier conjunto que se plantee.
- Problemas encontrados en la realización del trabajo:
 - **Desarrollo del PDF 3D**, ya que al exportar los modelos a este formato, los **subensamblajes no se visualizaban**. Para solucionar este problema, en inventor había que tener todas las piezas en el mismo nivel en lo que a estructura se refiere.
 - Otro problema relacionado con el PDF 3D es la **visualización de los vídeos**, ya que en ordenadores que no son Mac se producen diversos errores. Puede ser que falte algún plugin instalado en el ordenador ya que el archivo esta bien creado.
 - Haciendo referencia al modelado, a grandes rasgos no hubo ningún problema en la creación de las diferentes piezas, pero lo que llevó más trabajo fue la **realización de engranajes** y que estos **encajasen perfectamente** para que no diese problema después a la hora de **impresión 3D**.

6 Bibliografía y referencias

¿Qué hay en esta sección?

6.1 Referencias

6.2 Webgrafía

6.2 Referencias

- [1] «AZ adsl zone,» [En línea]. Available: <https://www.adslzone.net/reportajes/tecnologia/impresion-3d/> . [Último acceso: 10 03 2020].
- [2] «Mecalux Esmena,» [En línea]. Available: <https://www.mecalux.es/blog/impresion-3d-logistica>. [Último acceso: 20 09 2020].
- [3] «Sculpteo,» [En línea]. Available: https://cdn2.sculpteo.com/wp-content/uploads/elementor/thumbs/MaquetteEtude_T28hUWk-o8p0lon5jh1aaxv69bgs0gvshiw1k4gvmngruu2vs.jpg . [Último acceso: 20 09 2020].
- [4] «Editales,» [En línea]. Available: <https://editales.com/wp-content/uploads/2017/11/pngbase-6434ff2df06ea8369a.png>. [Último acceso: 20 09 2020].
- [5] «Frekiland,» [En línea]. Available: http://www.freekiland3d.com/wp-content/uploads/2015/02/filamento-plastico-para-impresora-3d-abs-pla-nylon-3mm-175m-15779-ML-M20108787891_062014-F.jpg . [Último acceso: 20 09 2020].
- [6] «Wikipedia,» [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Realidad_aumentada . [Último acceso: 12 03 2020].
- [7] «Neosentec,» [En línea]. Available: <https://www.neosentec.com/wp-content/themes/neosentecnuevo/images/nst-images/realidad-aumentada-ikea.jpg>. [Último acceso: 19 09 2020].
- [8] M. L. Moreno, «Nubemia,» [En línea]. Available: <https://www.nubemia.com/realidad-aumentada-en-la-educacion/>. [Último acceso: 3 04 2020].
- [9] «Boreal,» [En línea]. Available: <https://borealtech.com/descubriendo-los-codigos-qr/>. [Último acceso: 16 09 2020].
- [10] «Ediamsistemas,» [En línea]. Available: <http://www.ediamsistemas.com/ponte-la-camiseta-de-la-seleccion-espanola-en-realidad-aumentada/>. [Último acceso: 17 09 2020].
- [11] «Neosentec,» [En línea]. Available: <https://www.neosentec.com/wp-content/themes/neosentecnuevo/images/nst-images/realidad-aumentada-pokemon.jpg>. [Último acceso: 20 09 2020].
- [12] «Emiliusvgs,» [En línea]. Available: https://emiliusvgs.com/wp-content/uploads/2019/06/croppped-Vivo_AR_Glass_MWC_Shanghai.jpg. [Último acceso: 18 09 2020].
- [13] «Saltandotrenes,» [En línea]. Available: <http://saltandotrenes.com/wp-content/uploads/2016/08/maxresdefault.jpg> . [Último acceso: 19 09 2020].
- [14] «Blog master,» [En línea]. Available: <https://imgcom.masterd.es/1/blog/2018/08/38869.jpg> . [Último acceso: 20 09 2020].
- [15] «Universo digital,» [En línea]. Available: <https://universodigitalnoticias.com/wp-content/uploads/2016/07/medical-learning.jpg> . [Último acceso: 15 09 2020].

- [16] «Motorpasión Mexico,» [En línea]. Available: https://i.blogs.es/d01f83/aad4/1024_2000.jpg . [Último acceso: 20 09 2020].
- [17] «Internova sistemas,» [En línea]. Available: <https://www.internovasistemas.com/formato-pdf-3d>. [Último acceso: 3 04 2020].
- [18] «Internova sistemas,» [En línea]. Available: <https://www.internovasistemas.com/formato-pdf-3d>. [Último acceso: 20 09 2020].

6.3 Webgrafía

- Estudio tecnología impresión 3D

- ¿Qué es la impresión 3D?

<https://www.3dz.es/tecnologias-materiales/tecnologias-de-impresion-3d/>

- Tipos de impresión 3D

<https://www.adslzone.net/reportajes/tecnologia/impresion-3d/>

https://es.wikipedia.org/wiki/Impresi%C3%B3n_3D

<https://tresde.pe/tipos-de-impresion/>

<https://www.impresoras3d.com/tipos-de-impresoras-3d/>

<https://all3dp.com/es/1/tipos-de-impresoras-3d-tecnologia-de-impresion-3d/>

<https://formizable.com/tipos-de-impresoras-3d/>

<https://www.xataka.com/perifericos/estas-son-las-tecnologias-de-impresion-3d-que-hay-sobre-la-mesa-y-lo-que-puedes Esperar-de-ellas>

- Usos de la impresión 3D

<https://3dneworld.com/que-es-la-impresion-3d/#usos>

<https://oasys-sw.com/aplicaciones-mas-utiles-impresoras-3d/>

<https://www.sculpteo.com/es/aplicaciones/>

https://es.wikipedia.org/wiki/Impresi%C3%B3n_3D

<https://xoia.es/2020/04/21/como-la-realidad-aumentada-puede-mejorar-el-aprendizaje-industrial/>

- Materiales para imprimir en 3D

<https://all3dp.com/es/1/impresion-3d-material-impresora-3d-guia/>

<https://www.3dz.es/tecnologias-materiales/tecnologias-de-impresion-3d/>

- Estudio tecnología realidad aumentada

- ¿Qué es la realidad aumentada?

<https://www.neosentec.com/realidad-aumentada/>

https://es.wikipedia.org/wiki/Realidad_aumentada

<https://neoattack.com/neowiki/realidad-aumentada/#:~:text=La%20Realidad%20aumentada%20sirve%20para,funciones%20y%20otras%20tantas%20opciones.>

<https://www.nubemia.com/realidad-aumentada-en-la-educacion/>

- ¿Cómo funciona y para qué se usa?

<https://rockcontent.com/es/blog/realidad-aumentada/>

<https://neoattack.com/neowiki/realidad-aumentada/#:~:text=La%20Realidad%20aumentada%20sirve%20para,funciones%20y%20otras%20tantas%20opciones.>

<https://www.bbva.com/es/siete-usos-realidad-aumentada-ya-estan-aqui/>

- ¿Diferencia entre realidad aumentada y virtual?

<https://rockcontent.com/es/blog/realidad-aumentada/>

https://mglobalmarketing.es/blog/realidad-aumentada-y-virtual/#Diferencias_entre_estas_tecnologias

<https://www.interxion.com/es/blogs/2016/05/5-diferencias-entre-realidad-virtual-y-realidad-aumentada>

- Aplicaciones realidad aumentada en la educación

<https://www.nubemia.com/realidad-aumentada-en-la-educacion/>

<http://www/ayudaparamaestros.com/2020/04/17-aplicaciones-de-realidad-aumentada.html>

<https://www.realinfluencers.es/2016/11/29/10-mejores-aplicaciones-realidad-aumentada-eduacion/>

<https://www.educaciontrespuntocero.com/recursos/aplicaciones-realidad-aumentada/>

<http://www.aikaeducacion.com/recursos/cinco-aplicaciones-para-utilizar-la-realidad-aumentada-en-el-aula/>

<https://www.educaciontrespuntocero.com/recursos/apps-para-crear-contenidos-con-realidad-aumentada/>

<https://xoia.es/2020/04/21/como-la-realidad-aumentada-puede-mejorar-el-aprendizaje-industrial/>

- Estudio PDF 3D

- ¿Qué es el PDF 3D?

<https://www.internovasistemas.com/formato-pdf-3d>

http://digital.csic.es/bitstream/10261/63515/4/v2_es_PDF3D_guias_usuario.pdf

<http://servicio.bc.uc.edu.ve/educacion/eduweb/v12n2/art06.pdf>

