



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Diseño y desarrollo de un entorno virtual interactivo que facilite el aprendizaje de los procesos de mecanizado

Design and development of an interactive virtual environment to facilitate learning of machining processes

Autora

Victoria Carolina Montañés Fray

Director

Sergio Aguado Jiménez

Grado de Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo del Producto

ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
2020-2021

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a Víctor Tabuenca, mi esposo y compañero de vida, quien me ha ofrecido siempre su apoyo incondicional y sin el cual todo este viaje habría llegado igualmente a su fin, pero habría sido mucho más difícil.

A Alberto Remiro, mi amigo y compañero de fatigas, con quien he trabajado durante estos años y hemos sido soporte mutuo en los momentos difíciles.

A Sergio Aguado, mi director de proyecto, por haberme dado la oportunidad de conocer mejor su labor y permitirme construirle una herramienta que le ayude.

A todo el equipo docente de la EINA, por todo su tiempo y dedicación, especialmente a Pedro Ubieto, por haberme enseñado todo lo que sé de *Unity*.

A todos aquellos compañeros, amigos y familiares que de alguna forma han aportado a este u otros proyectos con su participación y buena voluntad.

RESUMEN

“Diseño y desarrollo de un entorno virtual interactivo que facilite el aprendizaje de los procesos de mecanizado”

Mediante el motor de videojuegos, *Unity*, se ha recreado un taller de mecanizado virtual que permite al alumno el aprendizaje de los procesos de mecanizado, especialmente durante la modalidad de enseñanza no-presencial, y facilita el estudio autónomo en los conceptos más visuales.

El proyecto consta en total de 9 escenas siendo el taller la escena principal. Desde ahí se accede a las escenas de aprendizaje: torno, fresa, monofiló, multifiló, viruta y vídeos. Las escenas restantes son inicio y auxiliar, donde se muestran los controles, permiten regresar al taller y salir de la aplicación. Se ha tenido en cuenta los tipos de futuros usuarios de la aplicación y se ha comprobado su correcto funcionamiento e interacción con un test de usuario.

Se ha tomado como inspiración el taller de mecánica de precisión de la EINA, situado en el edificio Torres Quevedo, para tener referencias del ambiente general en cuanto a materiales, texturas, mobiliario de oficina... y todos aquellos elementos que pudieran aportar un mayor realismo al entorno virtual. La maquinaria utilizada está especialmente seleccionada para las necesidades de la parte de procesos de la asignatura *“Ampliación de materiales y procesos”* del segundo semestre del 3^{er} curso del Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo del Producto, que es a la que va dirigido este proyecto.

INDICE

Introducción	5
0.1 Objetivos	5
0.2 Alcance Y Campo De Aplicación	5
0.3 Recursos Digitales.....	6
0.4 Planificación.....	6
Fase 1: Investigación.....	9
1.1 Herramientas Docentes	9
1.2 Entorno Del Taller De Mecanizado	10
1.3 Modelos CAD	11
1.4 Características De Los Archivos.....	12
Fase 2: Conceptualización.....	14
2.1 Ficha Protopersona	14
2.2 Storyboard.....	15
Fase 3: Elaboración	20
3.1 Definición De Escenas.....	20
3.2 Escena Taller.....	21
3.3 Escenas Aisladas	27
3.4 Otras Escenas	32
3.5 Scripts.....	34
3.6 Problemas Encontrados.....	35
Fase 4: Implementación.....	36
4.1 Test De Usuarios	36
Conclusiones	40
Bibliografía	41
Glosario.....	43

INTRODUCCIÓN

0.1 OBJETIVOS

Se propone el diseño y desarrollo de un entorno virtual interactivo en el cual, el alumnado que estudie los procesos de mecanizado disponga de un medio más visual que facilite su aprendizaje. Se busca disminuir el problema de la no-presencialidad en los talleres cuando se dé el caso y facilitar el estudio autónomo del alumno de la asignatura *“Ampliación de materiales y procesos”*.

Los fundamentos de la asignatura que se cubren en este proyecto son:

- ▣ Torno: partes fundamentales y conceptos básicos
- ▣ Operaciones de mecanizado con herramientas monofilas
- ▣ Ángulos y planos de la herramienta elemental
- ▣ Fresadora: partes fundamentales y conceptos básicos
- ▣ Operaciones de mecanizado con herramientas multifilas
- ▣ Configuraciones de las herramientas
- ▣ Formación de la viruta
- ▣ Conceptos básicos sobre otros procesos de mecanizado convencional y no convencional

0.2 ALCANCE Y CAMPO DE APLICACIÓN

Este proyecto se realiza en el contexto de la asignatura *“Ampliación de materiales y procesos”*, concretamente en la parte de mecanizado del bloque de procesos. Está destinado a generar material de apoyo extra que permita al alumno afianzar conocimientos y proporcionar una alternativa más visual a los apuntes disponibles en formato *.pdf*. Además, se podría usar como sustituto de las clases prácticas en taller en el caso de no-presencialidad.

Cabe destacar que esta aplicación no está destinada a la ejecución ni resolución de cálculos relativos a los ejercicios de mecanizado, a la consulta de parámetros relativos a la fabricación de piezas, ni se usará como herramienta de evaluación de los conocimientos adquiridos. Tampoco está prevista la capacidad para comunicaciones online u offline entre usuarios ni con plataformas externas a la propia aplicación.

0.3 RECURSOS DIGITALES

Los recursos digitales utilizados para la totalidad del proyecto son las siguientes (más información en Anexo 1):

- ▣ Plataforma principal de trabajo, elaboración de las escenas y construcción de la aplicación resultante: *Unity*
- ▣ Depósitos de modelos 3D, archivos de sonido, texturas, materiales y demás material necesario : *Unity Asset Store, Grabcad, Warehouse de SketchUp 2017*
- ▣ Modelado, revisión y exportación de archivos CAD: *SolidWorks 2020* (versión estudiante), *Autodesk Inventor 2019* (versión estudiante)
- ▣ Conversión de archivos de distintas procedencias a formato .fbx: *CAD Exchanger* (conversor online)
- ▣ Captura de colores y texturas de referencia del taller: *Adobe Capture* (versión móvil)
- ▣ Generación de texturas: *Filter Forge* (versión de prueba), *SketchBook Pro 2021* (versión estudiante de Autodesk)
- ▣ Modelado y animación del trabajador del taller: *MakeHuman, Wings3D, Mixamo* (online)
- ▣ Bocetos y secuenciación de las escenas (storyboard): *SketchBook Pro 2021* (versión estudiante de Autodesk), *Storyboarder*
- ▣ Organización semanal de la tarea: *Trello* (online)
- ▣ Registro del tiempo dedicado: *Timeular*
- ▣ Test de usuario: *Google Meet, Google Drive*

0.4 PLANIFICACIÓN

Se ha organizado el trabajo a lo largo de 4 Fases:

- ▣ Fase 1: Investigación. Análisis de la situación actual en el uso de recursos digitales de la docencia en general y la docencia de métodos de mecanizado en particular, así como el uso de simuladores. Toma de fotografías y capturas de materiales y texturas del mencionado taller de mecánica de precisión. Búsqueda y revisión de modelos CAD. Pruebas en *Unity* de distintos formatos de archivos de los modelos obtenidos.

- Fase 2: Conceptualización. Análisis del tipo de usuario de la aplicación (ficha protopersona). Bocetado de la secuenciación de acciones y escenas disponibles (*storyboard*). Toma de decisiones gráficas del diseño de las pantallas de interacción.
- Fase 3: Elaboración. Definición completa de la escena principal (taller): *layout*^a de la maquinaria y sus texturas, mobiliario, conjunto arquitectónico, iluminación y demás detalles que aportan realismo. Modelado y animación de un trabajador que esté operando en una máquina, la cual emite sonido en 8D. Definición del espacio en común de las escenas aisladas y detallado de cada una de ellas. Definición del resto de escenas. Definición y aplicación de *scripts*^b en las zonas interactivas.
- Fase 4: Implementación y test de usuario. Construcción y prueba de la aplicación. Selección de candidatos y definición de tareas. Realización del test. Análisis de resultados, propuestas de mejora y definición de trabajo futuro.

La distribución de las fases durante el proyecto se muestra de forma resumida en la tabla 1 (más información en Anexo 1):

Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Propuesta								
		Fase 1						
			Fase 2					
					Fase 3			
								Fase 4

Tabla 1: Resumen de planificación

En las siguientes secciones se detalla lo más relevante del trabajo realizado en cada una de las fases descritas. El contenido adicional se encuentra reflejado en el documento Anexos según el esquema siguiente:

- Anexo 1: Recursos y planificación
 - Recursos digitales utilizados

- Planificación semanal
- ▣ Anexo 2: Entorno del taller real
 - Fotos tomadas
 - Muestras de materiales
- ▣ Anexo 3: Modelos CAD utilizados
 - Maquinaria
 - Herramientas
 - Mobiliario
 - Demás modelos e imágenes

FASE 1: INVESTIGACIÓN

1.1 HERRAMIENTAS DOCENTES

Es popularmente conocido que la gamificación y virtualización son tendencia en la enseñanza a todos los niveles, ya que amplían y potencian las posibilidades de aprendizaje. Vivimos en un entorno cada vez más digital y es importante que los entornos virtuales de aprendizaje se integren en el día a día. Las Tecnologías de la Información y Comunicación (*TIC*) estimulan la creatividad y aumenta la motivación de los alumnos (1). Cuanto más entretenido es el contenido mayor es el atractivo para los alumnos, pero es más difícil de mantener el foco. En este caso, se busca un equilibrio entre la enseñanza cruda de las herramientas y procesos de mecanizado y un videojuego inspirado en un taller. De esta forma se busca que el aprendizaje resulte entretenido y sobre todo visual, sin que se pueda utilizar como medio de distracción de sus obligaciones académicas.

Algunos de los recursos utilizados en docencia actualmente son los siguientes (2):

- ▣ Pizarra digital interactiva, que permite a profesores y alumnos compartir la información y los recursos disponibles
- ▣ Mesas interactivas o multicontacto, para incentivar el trabajo grupal ya que permite la participación de varios usuarios a la vez
- ▣ Robótica educativa, estimula la adquisición de competencias básicas resolviendo retos de forma alternativa e iniciándolos en los lenguajes de programación
- ▣ Realidad aumentada, mediante el uso de dispositivos móviles y marcadores
- ▣ Aprendizaje móvil (*mobile learning o m-learning*), que permite al alumno adquirir los conocimientos en cualquier lugar, principalmente gracias al auge de las tecnologías móviles

En cuanto a la docencia específica de los procesos de mecanizado, los recursos digitales son bastante pobres ya que apenas van más allá de vídeos en YouTube y algunos simuladores. Los simuladores que hay disponibles son bastante fieles a la realidad, ya que son precisamente las propias empresas de esta maquinaria quienes los ponen a disposición del docente, bien junto a la adquisición de la propia máquina o únicamente del controlador físico para usar en el aula. Algunos de los simuladores disponibles son:

- ▣ Simulador CNC de Fagor (3): gratuito con funciones limitadas, solo requiere registro
- ▣ Programación, simulación y control de máquinas CNC para Fagor, Fanuc y Siemens (4): versión demo del software WinUniSoft+

Existen algunas alternativas, como un torno virtual con accesorio a Xbox Kinect (fruto de unos estudiantes brasileños) (5) o alguna web con simulador online (de pago y gratuitas), como un simulador gratuito para PC (6). También cabe mencionar la existencia de una serie de aplicaciones para Android (7) bastante realistas y con distintos niveles de profesionalidad. Algunos ejemplos son:

- ▣ Lathe simulator lite: usado para aprendizaje en bachiller y centros de formación
- ▣ Torno 3D: juego simulador de fresado y torneado
- ▣ Calculadoras de parámetros como: lathe feeds and speeds, cálculos de torneado, machining calculator and reference for machinists...

De todas formas, la mayoría de los simuladores se centran en el proceso de aprendizaje del mecanizado como tal, tanto de tornos como de maquinaria por control numérico computarizado (*CNC*), lo que no resulta de utilidad específica para la asignatura que estamos tratando.

1.2 ENTORNO DEL TALLER DE MECANIZADO

Resulta necesario estudiar las características propias del ambiente del taller, por lo que se toma una batería de fotografías de elementos que puedan resultar útiles a la hora de dar mayor realismo al entorno virtual. También se recogen muestras de materiales, colores y texturas con la app *Adobe Capture* (ver fotos y muestras en Anexo 2). Los puntos más importantes de los que se precisa información son:

- ▣ Distribución de la maquinaria en el espacio del taller (*layout*)
- ▣ Referencias de colores, texturas y materiales en suelo, paredes, maquinaria...
- ▣ Elementos de iluminación en techo y paredes
- ▣ Estructura arquitectónica: altura de paredes, ubicación de ventanales...

- ▣ Elementos habituales en un taller: carros de herramientas, mesas de trabajo, bidones de deshecho de viruta, extintores...
- ▣ Elementos decorativos: carteles de catálogos, señalización de seguridad, relojes, calendarios...
- ▣ Mobiliario de oficina y elementos habituales en ella
- ▣ Modelos y materiales de puertas

Esta información servirá de base para la búsqueda de modelos a utilizar en el entorno virtual. Además, se ha tenido en cuenta la *NTP 434: Superficies de trabajo seguras (1)*(8) para tener una referencia de dimensionamiento de los pasillos, las zonas de trabajo y la posición de la maquinaria en las mismas. La normativa existente relativa a las condiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo (RD 486/1997 de 14 de abril), remite a una *Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los lugares de trabajo* (9) y en esta se refiere finalmente a esta guía de buenas prácticas, que no es una normativa estricta que se haya de cumplir, pero ha servido de orientación para este propósito.

1.3 MODELOS CAD

Con el apoyo de todas estas referencias, se ha realizado la búsqueda de los modelos necesarios para el entorno virtual. Por un lado, la maquinaria necesaria para cubrir los aspectos de aprendizaje requeridos. Algunos modelos fueron obtenidos de la propia web del fabricante, como la fresadora *HAAS VF-2YT*, y otros de depósitos como *Grabcad* (consultar en Anexo 3). Se ha buscado y revisado material suficiente como para poder contar con, al menos, uno de los siguientes tipos de maquinaria:

- ▣ Torno manual, que sirviera también como muestra para aprender sus partes
- ▣ Torno CNC
- ▣ Centro de mecanizado
- ▣ Fresa manual
- ▣ Fresa CNC, que sirviera también como muestra para aprender sus partes
- ▣ Rectificadora
- ▣ Alguna máquina de mecanizado no convencional: electroerosión, corte láser, corte por agua... según la disponibilidad

- ▣ Sierra de cinta, necesaria para cortar la preforma antes de cualquier otro proceso.

Se aseguró que las calidades formales de todos los archivos utilizados fueran similares y que las dimensiones fueran lo más fieles posibles, comprobando con los catálogos del fabricante en los casos que se conocía la marca y modelo. Los demás se comprobaron dimensionalmente por las fotografías tomadas del taller o comparando con maquinaria similar.

Del mismo modo, se obtuvieron los modelos de las herramientas necesarias para mostrar algunos ejemplos de estas, la mayoría del catálogo de *SANDVIK Coromant*, que facilita los modelos CAD muy detallados (consultar en Anexo 3).

También se obtuvieron modelos que pudieran resultar de utilidad para completar la escena: mobiliario de oficina, mesas de trabajo, carros de herramientas... , todo aquello que supusiera un espacio para tener en cuenta y que fuera relevante para la secuencia de las actividades a realizar (consultar en Anexo 3).

1.4 CARACTERÍSTICAS DE LOS ARCHIVOS

Para la correcta importación/exportación de archivos, primero se ha de comprobar cuales son los que *Unity* soporta y los formatos que hay disponibles en los distintos programas. En el manual online de *Unity* se puede comprobar que los formatos admitidos son: *.fbx*, *.dae*, *.3ds*, *.dxf* y *.obj*.

Los modelos CAD nativos o importados en *Autodesk Inventor* se pueden exportar en *.obj*, pero no conserva materiales y texturas, así que se opta por exportar en formato *.stp*. El formato *.3mf* también permite conservar materiales y texturas en *SolidWorks*. De esta forma, se emplea un conversor online, CAD Exchanger, para exportar todos los archivos a formato *.fbx*.

Por otro lado, los modelos obtenidos del *Warehouse de SketchUp* se pueden exportar directamente en formato *.dae* e importar el archivo junto a la carpeta que contiene los materiales y texturas.

Como norma general se han empleado estas conversiones, pero en casos puntuales no han funcionado por motivos desconocidos y se ha tenido que proceder de forma distinta, aunque finalmente los archivos importados en *Unity* son de formato *.fbx* o *.dae*.

Respecto a otro tipo de archivos, también se ha contemplado la necesidad de importación de:

- ▣ Archivos de audio: soportados *.mp3* y *.wav*, entre otros
- ▣ Archivos de vídeo: soportados *.mpeg*, *.mpeg*, *.mp4* y *.avi*, entre otros
- ▣ Archivos de imagen 2D: *.psd*, *.tiff*, *.jpg* y *.png*, entre otros

Como los formatos soportados son bastante corrientes, no se requiere de ningún conversor adicional ni se ha referido ninguna complicación en este aspecto.

FASE 2: CONCEPTUALIZACIÓN

2.1 FICHA PROTOPERSONA

Los tipos de usuarios que van a utilizar esta aplicación son muy reducidos, ya que se ciñe a los alumnos que estén matriculados en la asignatura “Ampliación de procesos de fabricación”, correspondiente al 3^{er} curso del Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo del Producto. Se asume que la mayoría tiene una edad de 20 a 25 años y con unos ordenadores personales de características similares. Esto no limita a que se haya tenido en cuenta la circunstancia más desfavorable, que sea un usuario muy mayor y con un dispositivo de unas capacidades más limitadas. Los distintos perfiles elaborados (ilustración 1) corresponden a las características más diferenciadoras que se pueden encontrar, como:

- ▣ La experiencia con juegos de ordenador
- ▣ La frecuencia y capacidad de explotación del uso de dispositivos electrónicos
- ▣ La conectividad a Internet disponible

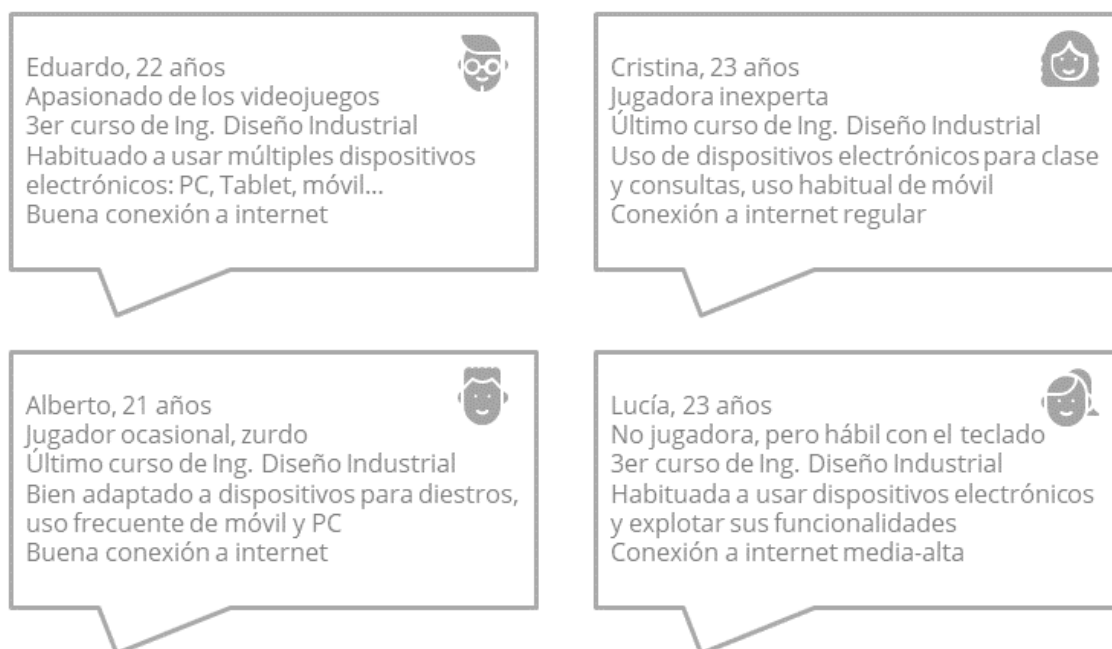


Ilustración 1: Fichas protopersona

2.2 STORYBOARD

Una vez definidos los modelos de máquinas a utilizar y los tipos de usuarios, se ha bocetado de forma conceptual la secuencia a seguir durante el uso de la aplicación (*storyboard*) de manera que sirva de guía para el posicionamiento de los objetos en la escena y la programación de los *scripts* necesarios para el correcto funcionamiento.

- ❑ Escena INICIO (ilustración 2): escena 3D de la puerta de entrada desde el pasillo, con una cámara fija. El botón “entrar” da acceso a la escena TALLER y con el icono se sale de la aplicación.
- ❑ Escena TALLER (ilustración 3): el jugador en primera persona (*FPS*) aparece a la entrada del taller y puede navegar libremente por el espacio. Distribución de maquinaria por procesos: fresado a la izquierda, torneado y rectificado al centro y mecanizado no convencional a la derecha. Se establecen las dimensiones de los pasillos y zonas de trabajo según la guía .y los colores y texturas según las fotografías tomadas.

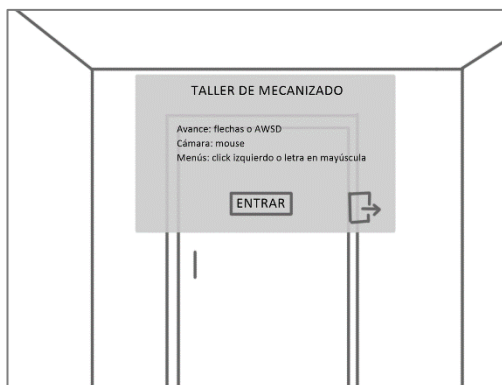


Ilustración 2: Escena INICIO

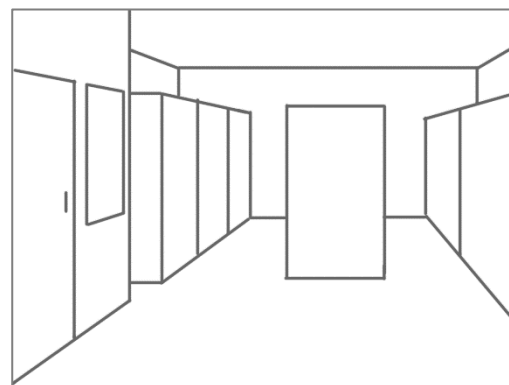


Ilustración 3: Escena TALLER

- ❑ Zona del torno (ilustración 4): *trigger* delante del torno que activa menú pop-up, cuyo botón da acceso a la escena TORNO.

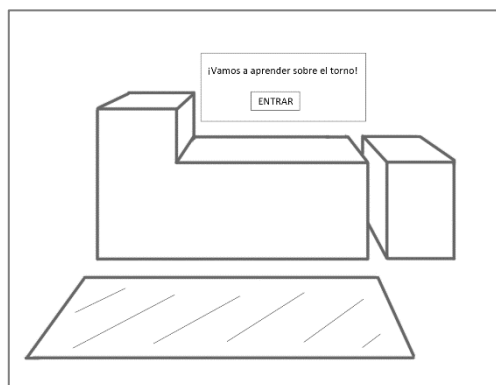


Ilustración 4: Zona del torno

- ❑ Escena TORNO (ilustración 5): escena aislada. Sobre la cámara del *FPS* está el menú disponible. El listado de partes del torno permite visualizar de forma opaca la parte seleccionada y dejar translúcidas las demás, para poder situarlas en contexto. El listado de vídeos permite el cambio de cámara y reproducción de cada uno de ellos por separado.
- ❑ Zona del torno (ilustración 6): *trigger* delante del carrito que hay junto al torno que activa menú pop-up, cuyo botón permite el cambio de cámara que visualiza las herramientas monofilas situadas sobre este.

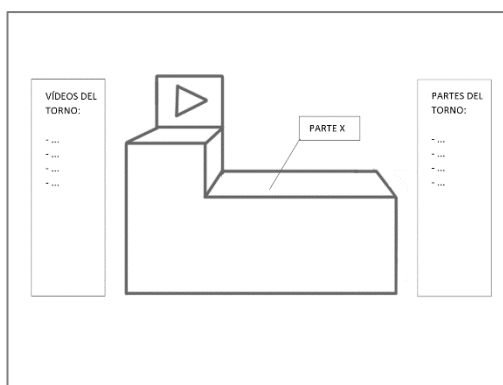


Ilustración 5: Escena TORNO

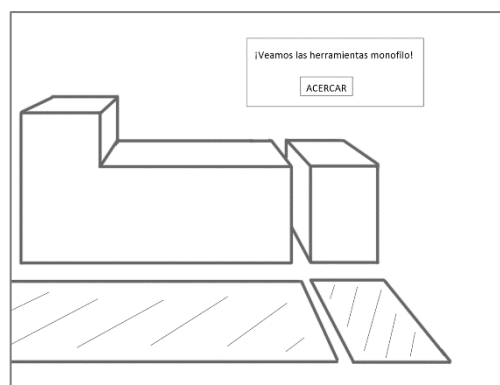


Ilustración 6: Zona del torno

- ❑ Carrito monofilas (ilustración 7): vista en cámara fija de las herramientas monofilas con etiquetas informativas. El botón da acceso a la escena llamada MONOFILO.
- ❑ Escena MONOFILO (ilustración 8): escena aislada. Viruta en 3D que muestra los ángulos y planos respecto a la herramienta.



Ilustración 7: Carrito monofilas

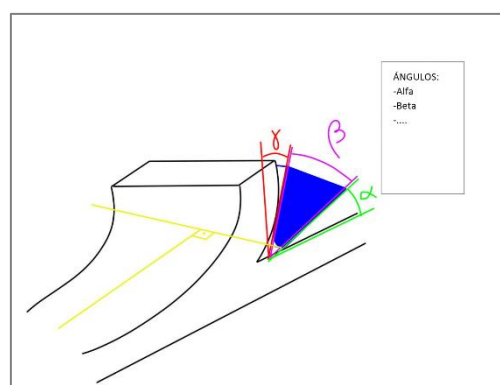


Ilustración 8: Escena MONOFILO

- ❑ Zona de la fresa (ilustración 9): *trigger* delante de la fresa que activa menú pop-up, cuyo botón da acceso a la escena FRESA.
- ❑ Escena FRESA (ilustración 10): escena aislada. Si es posible, se muestra la fresa sin parte de la estructura. Sobre la cámara del *FPS* está el menú

disponible, mismo funcionamiento que escena del torno. El listado de partes de la fresa permite visualizar de forma opaca la parte seleccionada y dejar translúcidas las demás, para poder situarlas en contexto. El listado de vídeos permite el cambio de cámara y reproducción de cada uno de ellos por separado.

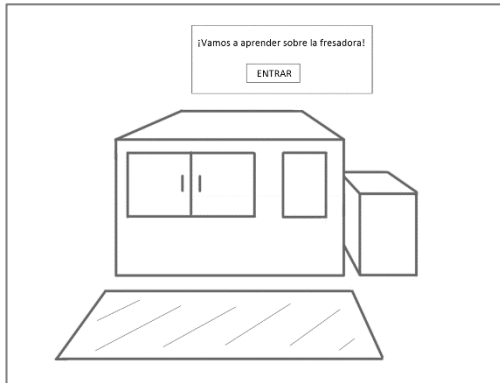


Ilustración 9: Zona de la fresa

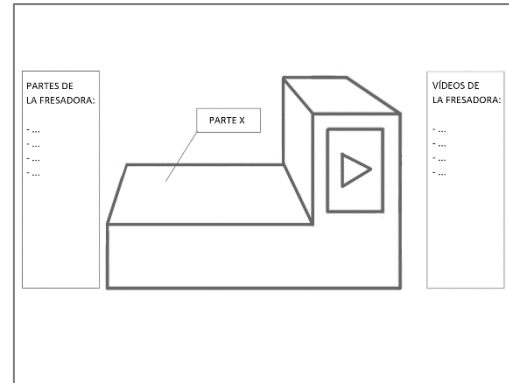


Ilustración 10: Escena FRESA

- ❑ Zona de la fresa (ilustración 11): *trigger* delante del carrito que hay junto a la fresa que activa menú pop-up, cuyo botón permite el cambio de cámara que visualiza las herramientas multifilo situadas sobre este.
- ❑ Carrito multifilo (ilustración 12): vista en cámara fija de las herramientas multifilo con etiquetas informativas. El botón da acceso a la escena llamada MULTIFILO.

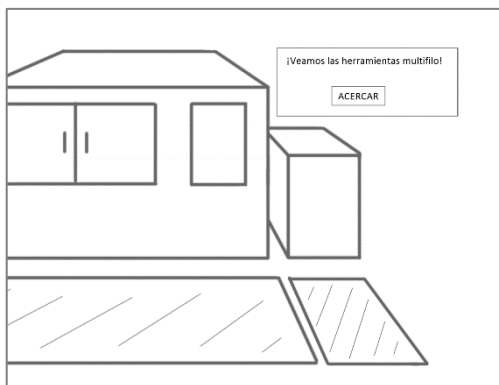


Ilustración 11: Zona de la fresa

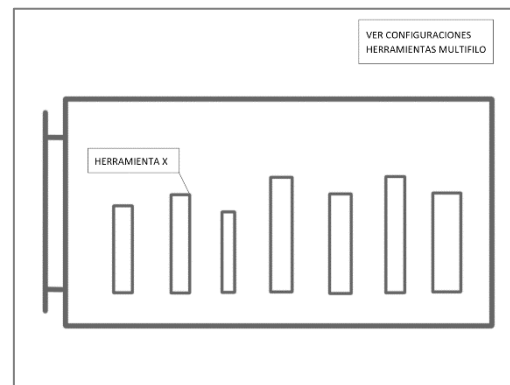


Ilustración 12: Carrito multifilo

- ❑ Escena MULTIFILO (ilustración 13): escena aislada. Se muestran modelos de los 3 tipos de configuraciones de herramienta/plaquita que existen.
- ❑ Zona de la viruta (ilustración 14): *trigger* delante de los bidones que activa menú pop-up, cuyo botón da acceso a la escena VIRUTA.
- ❑ Escena VIRUTA (ilustración 15): escena aislada. Viruta en 3D que muestra las distintas zonas en la formación de la viruta.

- Interior de la oficina (ilustración 16): *trigger* delante del escritorio que activa menú pop-up, cuyo botón da acceso a la escena VIDEOS.

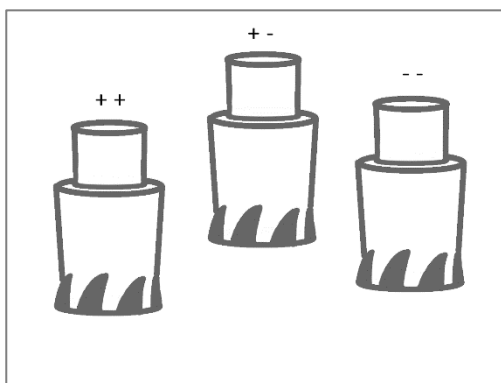


Ilustración 13: Escena MULTIFILO

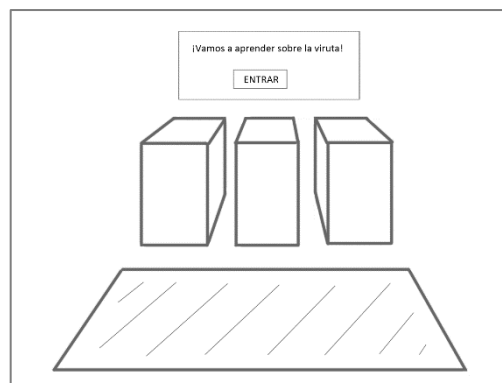


Ilustración 14: Zona de la viruta

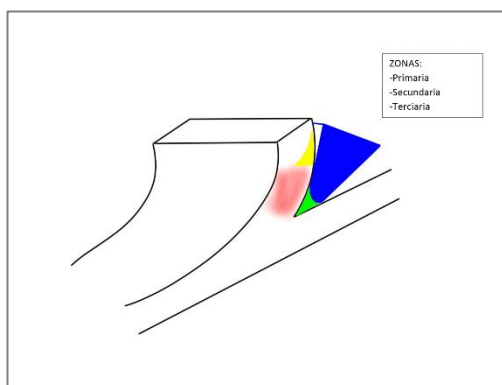


Ilustración 15: Escena VIRUTA

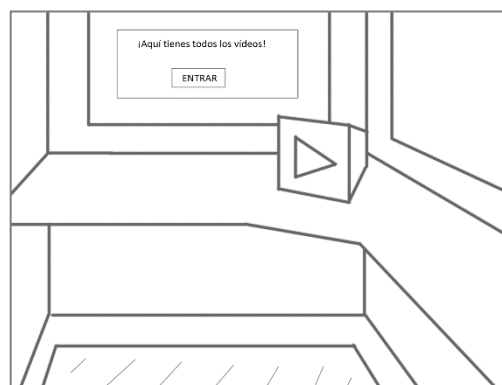


Ilustración 16: Interior de la oficina

- Escena VIDEOS (ilustración 17): escena aislada con cámara fija. El listado de vídeos permite la reproducción de cada uno de ellos y detiene el que se estuviera reproduciendo anteriormente. Se recogen todos los vídeos disponibles en las escenas y otros adicionales para completar los procesos de fabricación requeridos.

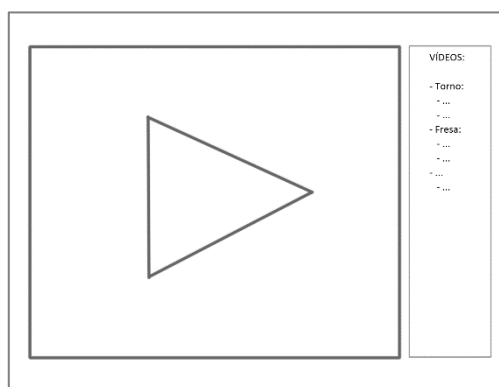


Ilustración 17: Escena VIDEOS

- Zona del operario (ilustración 18): en una zona del taller que no impida el paso, se muestra un operario que teclea una máquina, se detiene durante unos segundos y teclea de nuevo. Esta máquina emite un sonido en 8D (se explica con detalle en la Fase 3).
- Escena AUXILIAR (ilustración 19): escena aislada superpuesta. Al pulsar la tecla "ESC", se muestra este menú de ayuda. El botón permite volver al taller y el icono, salir de la aplicación.

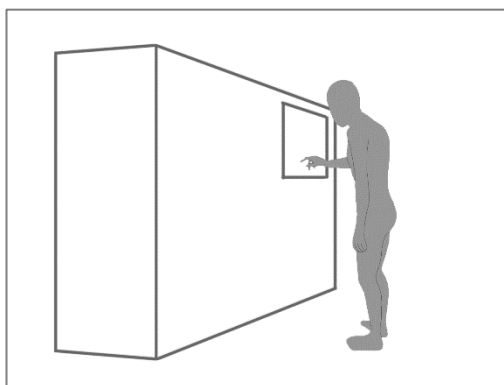


Ilustración 18: Zona del operario

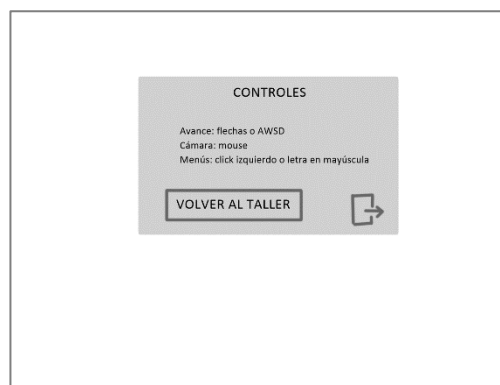


Ilustración 19: Escena AUXILIAR

FASE 3: ELABORACIÓN

3.1 DEFINICIÓN DE ESCENAS

La aplicación comprende un total de 9 escenas, siendo la escena TALLER la de mayor extensión y punto de encuentro de las demás. La estructura de navegación es *top-down* (ilustración 20) con hasta 2 subniveles en algún caso, sin tener en cuenta la escena de INICIO, ya que solo se accede a ella al comienzo y no hay posibilidad de volver.

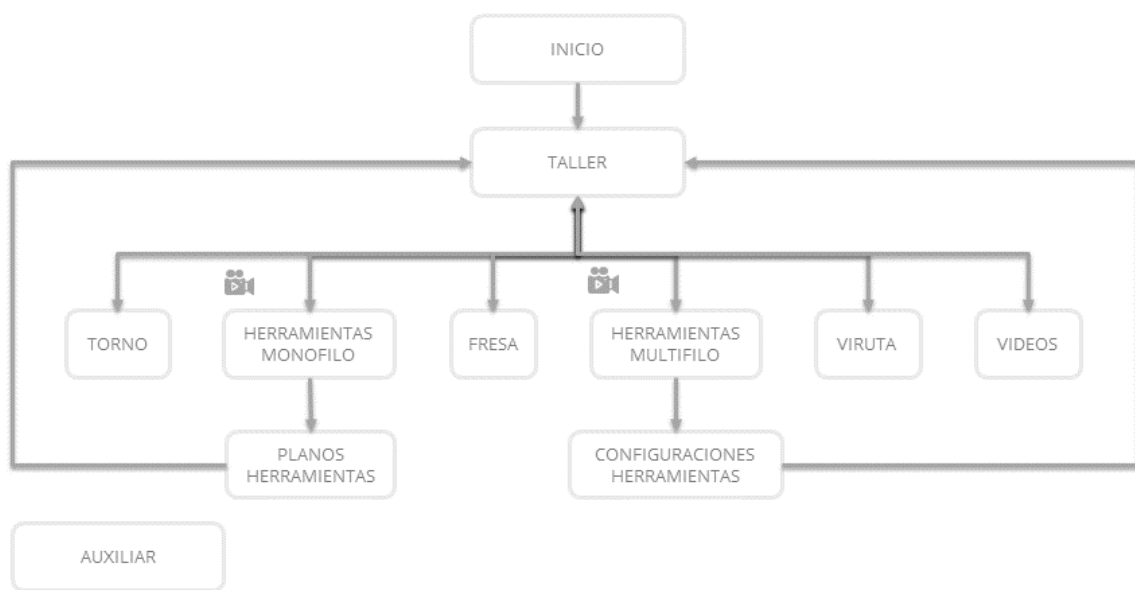


Ilustración 20: Esquema de navegación

Tal y como indican las flechas, se puede acceder a todas las escenas desde el taller y volver a él. Los únicos pasos atrás no permitidos son:

- ❑ Regreso a pantalla de INICIO, ya que carece de sentido volver a la puerta de entrada y la información relevante se muestra en la escena AUXILIAR
- ❑ Regreso a las vistas sobre los carritos monofilo y multifilo, ya que es mucho más práctico regresar a la propia escena del TALLER que a una vista fija de la cámara sobre estos carritos

3.2 ESCENA TALLER

Como se ha comentado, esta escena es la de mayor extensión y relevancia en la aplicación, ya que es la zona principal de navegación para el acceso a las diferentes escenas, contiene todos los modelos necesarios para el aprendizaje de la asignatura y aquellos objetos que dotan de realismo al taller virtual ([consultar en Anexo 3](#)). El proceso de elaboración de esta escena ha seguido los siguientes pasos:

3.2.1 Layout provisional

Se dispusieron las máquinas sobre un espacio de 40 x 40 unidades de *Unity* (unidades equivalentes a metros) en base a una distribución por procesos (ilustración 21). Usando unos cubos genéricos a modo de “patrones”, se establecieron las distancias mínimas para colocar los pasillos y zonas de trabajo. Como el espacio mínimo resultaba un poco estrecho para navegar si no se tenía mucha habilidad con el ratón, se adaptó a una distancia que resultara confortable.

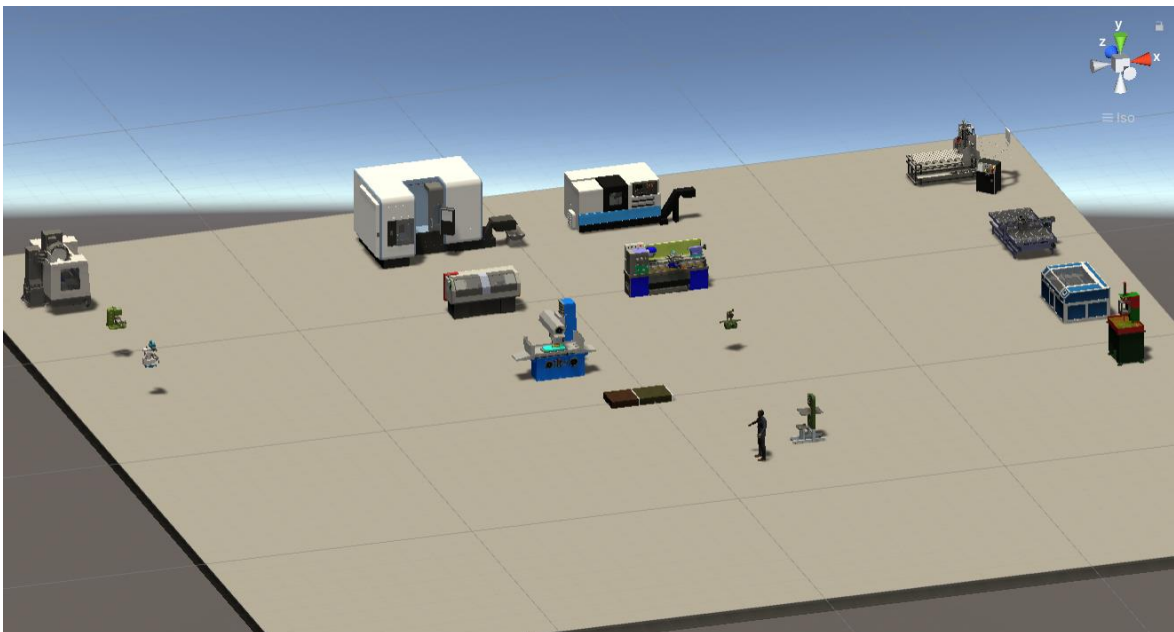


Ilustración 21: Layout inicial

3.2.2 Aplicación y corrección de materiales en modelos CAD

Aunque algunos de los modelos mantuvieron la calidad de sus materiales, hubo que revisar y corregir la mayoría porque presentaban variaciones muy evidentes de color respecto a los archivos originales (ejemplo en ilustración 22). Se procuró aprovechar los materiales existentes ajustando simplemente el color del albedo. Además, se aplicaron materiales transparentes (10) a las ventanas de las

máquinas y se establecieron los *colliders*^d necesarios para impedir el paso a través de los objetos.

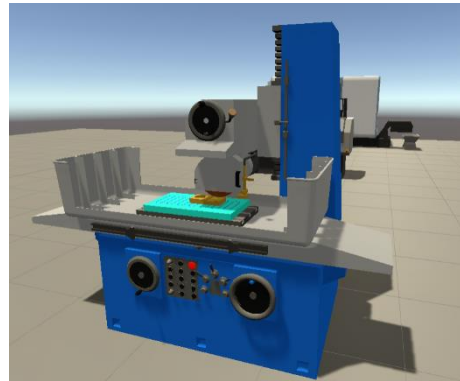
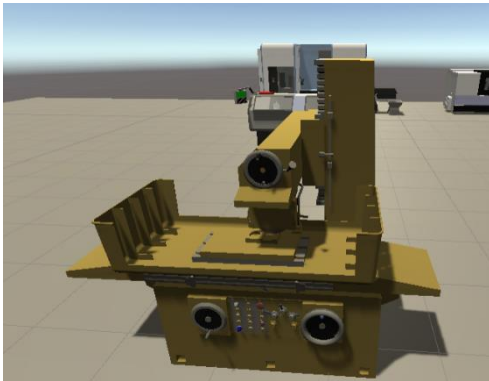


Ilustración 22: Diferencia de color antes y después

3.2.3 Assets básicos

Para completar el mobiliario del taller, se obtuvieron modelos de mesas, estantería para material, armarios, cubos de basura... y todo aquello esencial para completar un mínimo de equipamiento del taller. También se obtuvo el mobiliario preciso para recrear una oficina tipo taller (ilustración 23). La relación de modelos utilizados y procedencia está recogida en documento Anexos. Al igual que la maquinaria, se corrigieron los materiales, en caso de ser necesario, y se aplicaron los *colliders*. Se optó por dejar el mobiliario del taller en color rojo, a pesar de que los armarios del taller real son en verde o azul, porque con estos colores no se diferenciaban especialmente de la maquinaria, incluso la puerta de carga y descarga es roja. De esta forma se ha conseguido una clara diferenciación entre ambos grupos de objetos.



Ilustración 23: Taller con equipamiento básico

3.2.4 Suelo y paredes

Con las dimensiones anteriormente definidas y todos los modelos voluminosos en escena, se definieron los bloques del suelo. Tanto las zonas de trabajo como los pasillos, se les ha aplicado un material “cemento” (11) modificando su color principal para asemejarse al del taller real (ilustración 24). No se pudieron emplear directamente los materiales obtenidos con *Adobe Capture* ya que el suelo no tenía un color uniforme y la textura extraída no era “sin costuras” (*tileable*), por lo que se notaba el contorno de esta. El suelo de la oficina es importado con sus materiales.

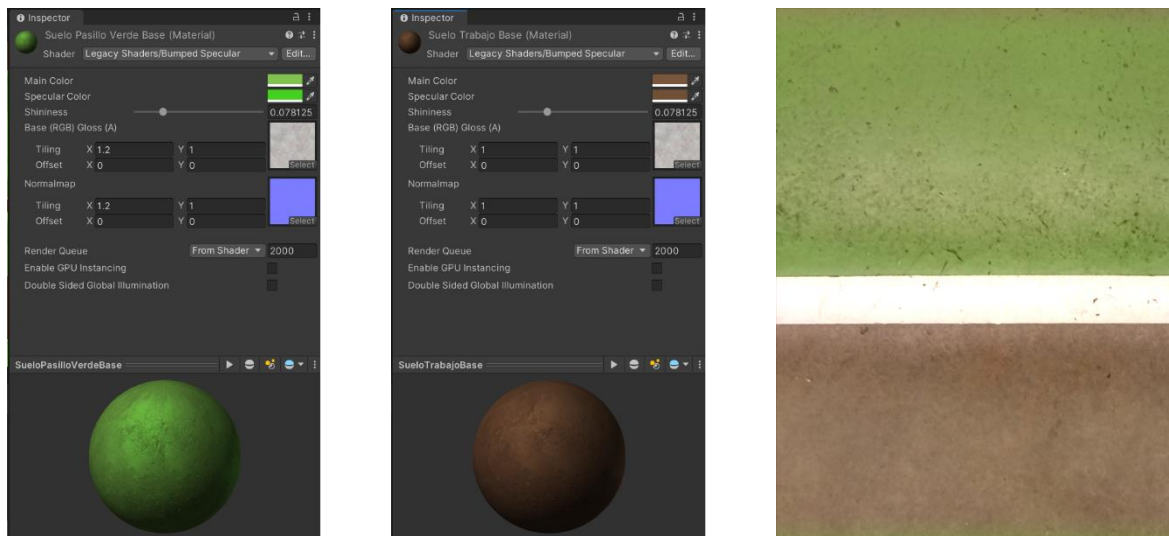


Ilustración 24: Materiales del suelo empleados y referencia

Las paredes han sido levantadas directamente en *Unity* y tienen una altura total de 6 metros, incluyendo ventanas, y unas dimensiones aproximadas de 30 x 40 metros. El material aplicado es una textura de pared modificada en *FilterForge* (12) para que se asemeje al estucado (ilustración 25). Para las ventanas, al tener todas las mismas dimensiones, se ha creado un *prefab* que incluía la parte de la pared que hay entre una y otra (ilustración 26). El material transparente es del mismo paquete que el aplicado a las ventanas de las máquinas. Para las paredes y ventanas de la oficina se ha seguido un procedimiento similar.

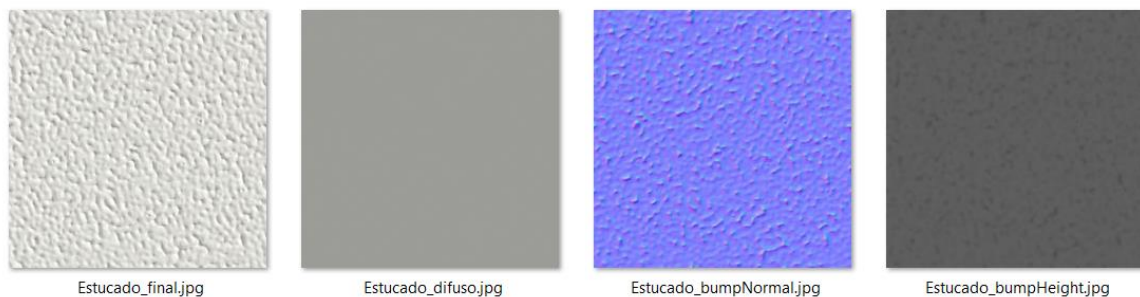


Ilustración 25: Capas del material estucado

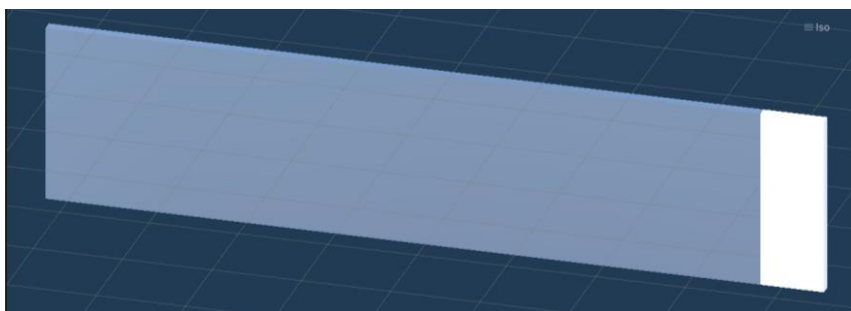


Ilustración 26: Prefab ventana del taller

3.2.5 Techo e iluminación

Se ha cerrado la estructura y aplicado una textura similar al techo técnico (13). Con los modelos de luminarias obtenidos, se modificaron las texturas para dar una apariencia luminosa a los fluorescentes y los brillos adecuados a las lámparas (ilustraciones 27 y 28). Se crearon unos *prefabs* derivados de estos modelos para replicarlos sobre la superficie de ambos techos, taller y oficina.

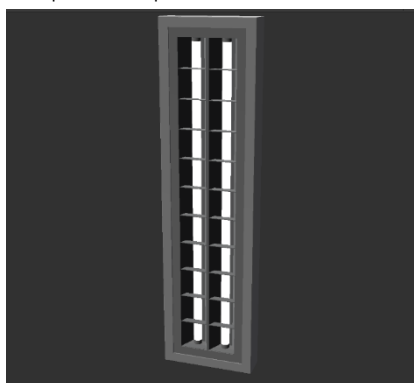


Ilustración 27: Prefab luminaria taller

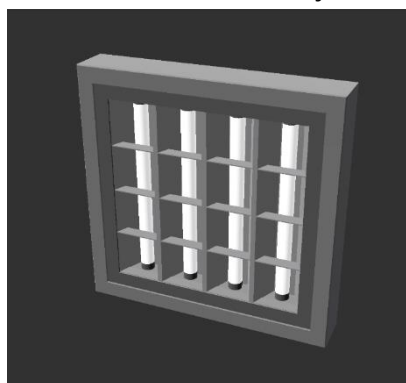


Ilustración 28: Prefab luminaria oficina

En primer lugar, se iluminó la zona exterior con luz direccional^f y la interior con puntos de luz situados a cierta distancia bajo cada luminaria, pero el resultado quedó algo artificial y ralentizaba mucho la experiencia de juego (ilustración 29).



Ilustración 29: Iluminación interior descartada

Se optó por usar luz direccional también en el interior, ajustando las intensidades para que no quedara demasiado brillante ni demasiado tenue. Como se puede observar en la ilustración 30, el resultado es bastante agradable, ya que hay claridad suficiente en el interior como para ver todos los detalles, pero desde el exterior la luz es suave, el sol está bajo y se ve por la ventana. Ofrece la sensación de que se está visitando el taller un día cualquiera por la tarde, cuando apenas hay nadie y hay la tranquilidad necesaria para repasar lo que se ha aprendido en clase o consultar dudas.



Ilustración 30: Iluminación final

3.2.6 El toque de humanidad: un trabajador en la escena

Aunque se necesite paz para el objetivo de la aplicación, en un taller con sus puertas abiertas siempre habrá como mínimo una persona trabajando. Por este motivo, se ha colocado a un personaje animado operando frente a una máquina que, evidentemente, hace algo de ruido mientras está en funcionamiento.

El personaje se ha creado y vestido dando los parámetros deseados en *MakeHuman*, se han corregido las imperfecciones de la ropa en *Wings3D* y se ha añadido el *rigging*^g y animado en *Mixamo* (ilustraciones 31, 32 y 33).



Ilustración 31: Modelado en MakeHuman (fallos en camisa y bajos del pantalón)



Ilustración 32: Correcciones en Wings3D

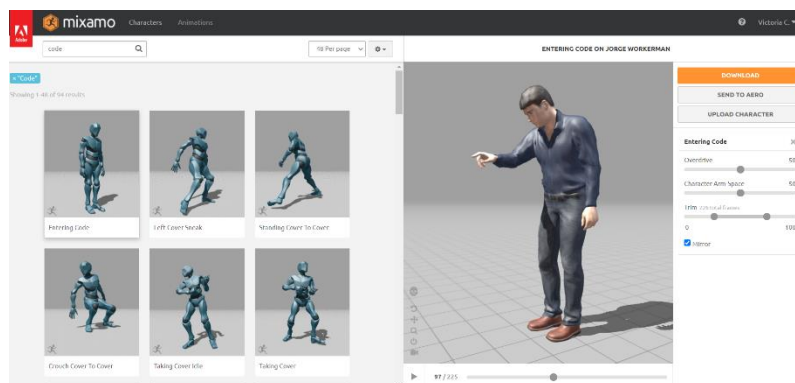


Ilustración 33: Animación en Mixamo

El sonido que emite la máquina es en 8D (14), que quiere decir “8 direcciones” (no 8 dimensiones como se podría pensar). Al aplicar esta técnica se tiene la sensación de que el sonido sale realmente de la máquina, ya que se percibe el ruido desde su misma posición. Para ello es necesario el uso de auriculares. La aplicación es muy sencilla, es necesario adquirir e importar el paquete *ResonanceAudioForUnity* (15) y configurar la máquina con los parámetros de la ilustración 34.

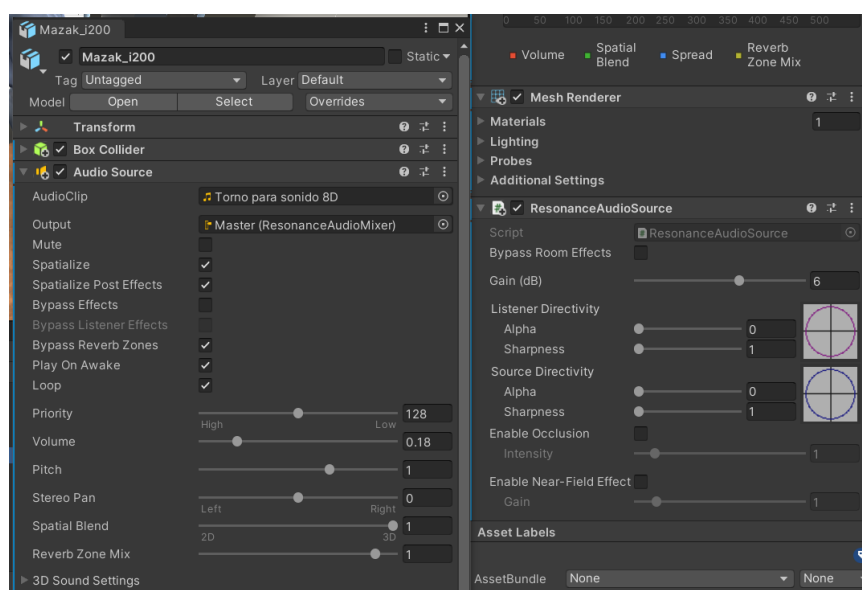


Ilustración 34: Parámetros para sonido 8D

3.2.7 Últimos detalles

Para completar la escena y dar los últimos toques de realismo necesario, se han añadido detalles como: calendario laboral, posters de catálogos de herramientas, fichas de prevención de riesgos laborales, pallets y cajas de cartón, herramientas sin recoger, preformas preparadas para mecanizar... (ilustraciones 35-39). Además, se han añadido unos marcadores de posición delante de aquellos objetos con los que se puede interactuar, para facilitar su reconocimiento (ilustración 40).



Ilustración 35: Vista interior oficina



Ilustración 36: Vista exterior oficina



Ilustración 37: Vista zona fresadora



Ilustración 38: Vista torno y pared lateral



Ilustración 39: Vista zona almacén



Ilustración 40: Marcadores sobre trigger

3.3 ESCENAS AISLADAS

Estas son 5 de las escenas restantes que comparten características en común: se centran en una parte concreta de la materia, se pueden explorar con el jugador

en primera persona (*FPS*) y, como su propio nombre indica, están aisladas de la escena principal, el taller. La base de estas escenas es un *prefab* que consta del suelo (textura de zona de trabajo) y 4 paredes sin renderizar, simplemente para que sirvan de límites al espacio. Para evitar el fondo infinito del *skybox*^h que viene por defecto, se ha cambiado por un color gris sólido en la cámara del *FPS*. Al no tener más obstáculos que el propósito de cada escena, la iluminación direccional por defecto ha sido suficiente, sólo ajustando un poco la posición para controlar la sombra.

3.3.1 Torno

En el centro de esta escena se muestra el torno manual desde el que se ha accedido. La lista de vídeos disponibles y de partes del torno acompaña a la vista del *FPS* (ilustración 41). Como está definido en el *storyboard*, al pulsar el botón correspondiente a cada una de las partes del torno, esta se queda en color opaco y las demás cambian a material translúcido (ilustración 42). De la misma forma, al pulsar un botón de la lista de vídeos se aplica un cambio de cámara para tener una vista estática del vídeo reproduciéndose. El botón “atrás” permite regresar a la vista del *FPS* (ilustración 43).

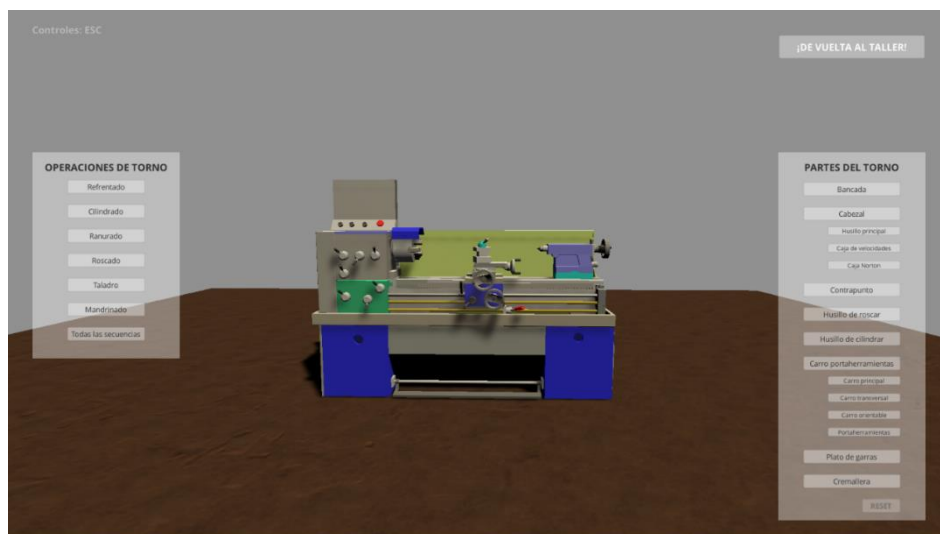


Ilustración 41: Escena torno

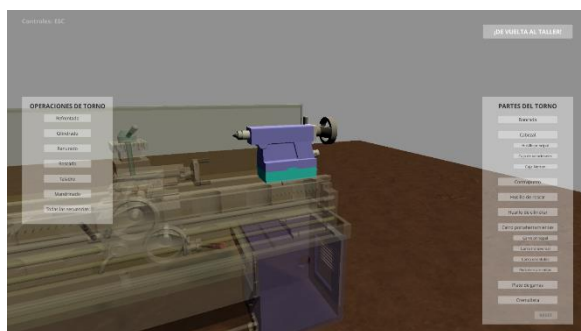


Ilustración 42: Cambio de transparencia

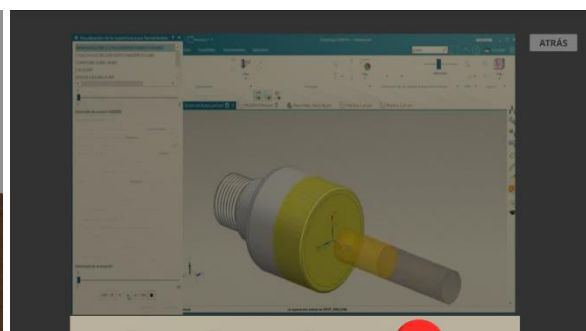


Ilustración 43: Reproducción de vídeo

3.3.2 Fresa

De forma análoga a la escena anterior, en el centro de esta escena se muestra la fresa desde la que se ha accedido. En esta ocasión se han añadido dos pequeños puntos de luz en el interior para mejorar la visibilidad. A continuación, se muestra la vista de la escena (ilustración 44) y un ejemplo de parte en color y las demás translúcidas (ilustración 45). La vista del vídeo es similar a la del torno.

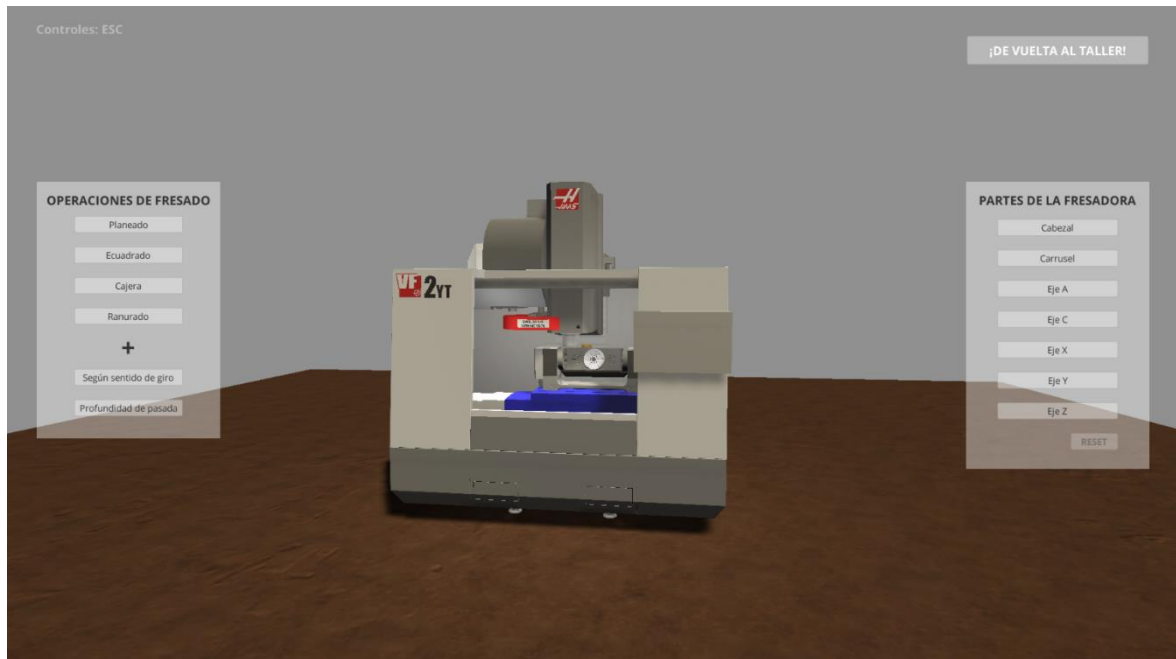


Ilustración 44: Escena fresa



Ilustración 45: Cambio de transparencia

3.3.3 Monofilo

Aunque la escena se llama “monofilo” para relacionarla con su punto de acceso, el carrito monofilo, y con el bloque de la asignatura en que se muestran estos conceptos. La escena consta una gran viruta tridimensional que se está formando por la incisión de una herramienta monofilo. Sobre estos están representados aquellos ángulos y planos relevantes contemplados en el temario de la asignatura (ilustración 46). Estos modelos CAD son de elaboración propia y realizados con *SolidWorks* (ilustración 47).

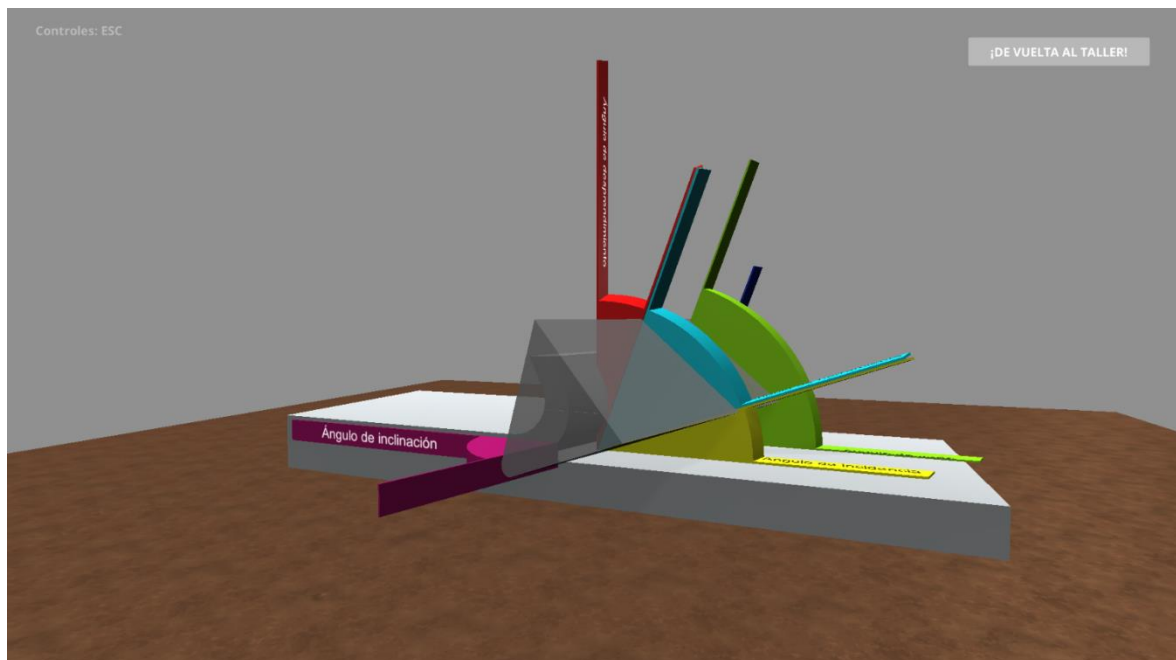


Ilustración 46: Escena monofilo



Ilustración 47: Modelos de la escena

3.3.4 Multifilo

Al igual que la escena anterior, esta se llama “multifilo” para relacionarla con el punto de acceso y el bloque de la asignatura correspondiente. En este caso, se muestran 3 herramientas multifilo, suspendidas en el aire y rotando sobre sí mismas (ilustración 48). Cada herramienta corresponde a una configuración diferente que pueden adoptar las herramientas y sus plaquitas (positivo-positivo, positivo-negativo y negativo-negativo) .

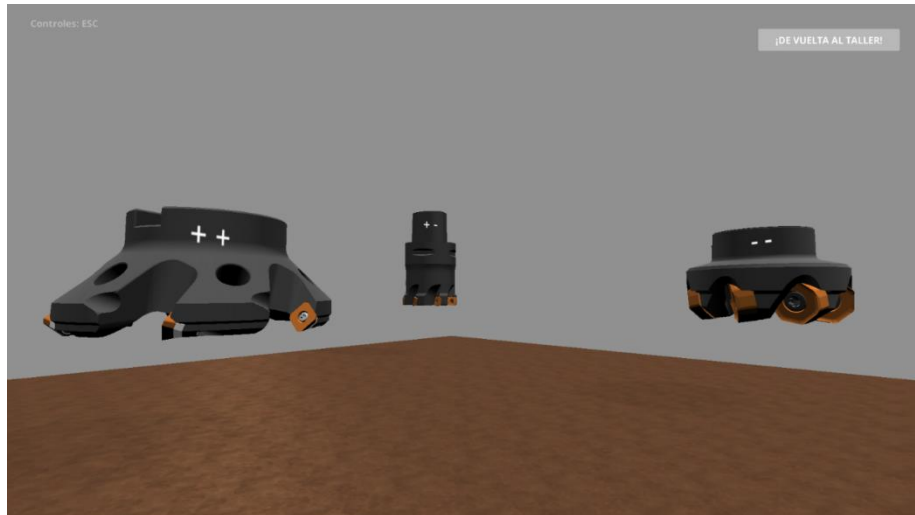


Ilustración 48: Escena multifilo

3.3.5 Viruta

Para completar el contenido de este bloque del temario, se muestra una viruta tridimensional incidida por una herramienta y diferenciando las 3 zonas de formación de la viruta, como indica la ilustración 49. Este modelo también es de elaboración propia y realizado con *SolidWorks*.

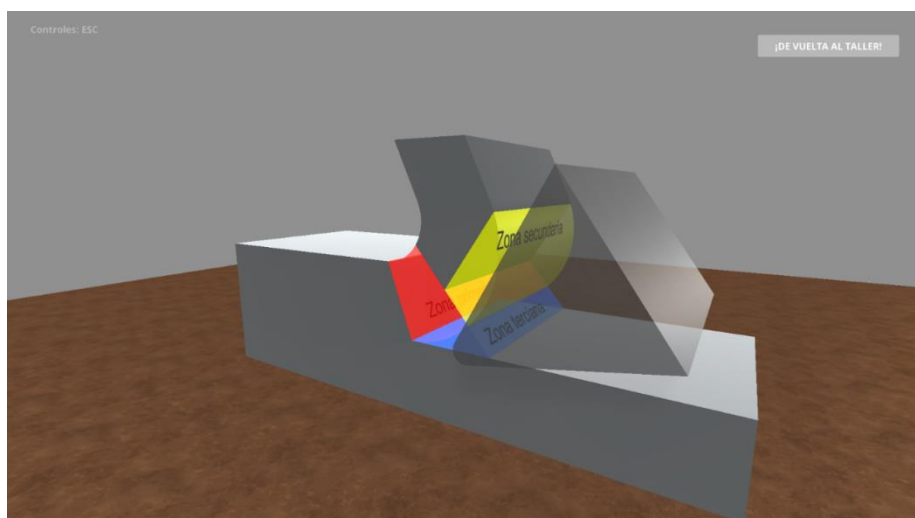


Ilustración 49: Escena viruta

3.4 OTRAS ESCENAS

3.4.1 Inicio

Esta es la escena que aparece al abrir la aplicación. Muestra la puerta de entrada al taller desde un pasillo y un menú con indicaciones generales (ilustración 50). Desde aquí se puede acceder al taller o salir directamente de la aplicación si se ha abierto por error.

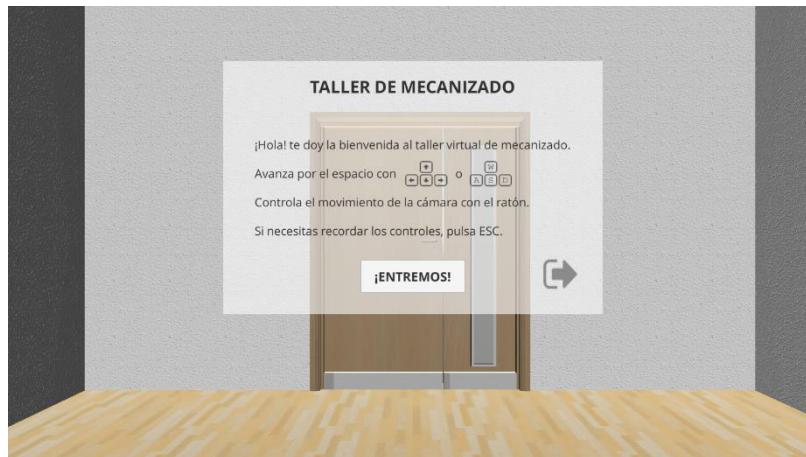


Ilustración 50: Escena inicio

3.4.2 Vídeos

El propósito de esta escena es tanto permitir el acceso a los distintos vídeos de otras escenas de una forma rápida, como poder mostrar algunos vídeos de interés que no se muestran en otro lugar de la aplicación. Como se estableció en el *storyboard*, es una escena de cámara fija que reproduce el vídeo que se seleccione del listado (ilustración 51).

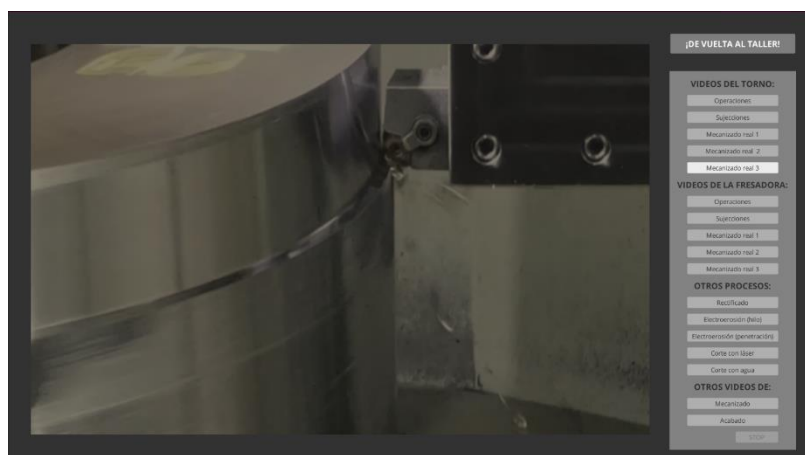


Ilustración 51: Escena vídeos

3.4.3 Escena auxiliar y menús pop-up

Por último, la escena auxiliar es el complemento necesario por si el usuario se pierde o se olvida de los controles. Se activa al pulsar la tecla “ESC” y muestra un recordatorio de los controles, un acceso directo a la escena taller y la salida de la aplicación (ilustración 52). No tiene iluminación propia ni cámara asociada, porque se renderiza como escena superpuesta a la que esté activa en ese momento.



Ilustración 52: Escena auxiliar

Los menús pop-up que se muestran al activar los respectivos *trigger* no son escenas distintas sino unos *canvas*ⁱ que se muestran al entrar y se ocultan al salir de su *trigger*. Se ha creado un *prefab* con las dimensiones del marco y el botón y la situación y características de los textos (ilustración 53), de forma que se ha adaptado el contenido de cada uno para las diferentes situaciones.



Ilustración 53: Prefab menú pop-up

La paleta de colores utilizados para los elementos de interacción es bastante sencilla y neutra, debido a la necesidad de que sea legible sobre cualquier elemento de color de la escena. Los colores disponibles en *Unity* están

codificados en hexadecimal y RGB (0-255). Para la pastilla de fondo, se ha elegido blanco (RGB 255, 255, 255) con una transparencia aproximada del 60% (A 150) y la misma para el botón, pero opaca. El texto está en un tono gris oscuro (RGB 50, 50, 50) opaco (A 255). La tipografía seleccionada es la “Open sans”, adecuada por su buena legibilidad y de apariencia neutra pero amigable. Además, es la utilizada en el sitio web de la EINA (ilustración 54) para sus textos, por lo que se ha elegido entre otras de características similares. Todos los textos de la aplicación usan la misma, que fue necesario importar (16) ya que las tipografías disponibles en *Unity* son muy limitadas.



Ilustración 54: Búsqueda de tipografía en la web de la EINA

3.5 SCRIPTS

Para poner en funcionamiento las secuencias descritas en el *storyboard* han sido necesarios los *scripts* que se resumen a:

- ❑ ActivarPopUp: muestra/oculta el menú pop-up correspondiente cuando se entra/sale de su *trigger*
- ❑ CargaEscena: carga la escena asignada en función del nombre del botón que se pulsa
- ❑ CargaTaller: carga la escena del taller. Se ha dispuesto como un *script* aparte porque son varios los botones que dan acceso al taller
- ❑ ControladorVideo: desactiva al *FPS* y el *canvas* con el listado de vídeos y partes, activa la cámara frente la pantalla y reproduce el vídeo seleccionado
- ❑ ControladorVideoOficina: reproduce el vídeo seleccionado

- ▣ DetenerVideos: función inversa a “ControladorVideo”, detiene la reproducción, desactiva la cámara frente a la pantalla y reactiva al *FPS* y el *canvas* con el listado de vídeos y partes
- ▣ GiroHerramientas: hace que las herramientas multifilo giren a una velocidad constante sobre su eje Z
- ▣ LlamadaMenuAuxiliar: muestra la escena auxiliar en modo aditivo al pulsar la tecla “ESC”
- ▣ Marcador: hace que se muestren de forma intermitente los círculos concéntricos que forman los marcadores de posición de los *trigger*
- ▣ MostrarPartes: oculta todas las partes del modelo en color excepto la seleccionada, para dejar vistas esas mismas partes de forma translúcida
- ▣ SalirAplicacion: sale de la aplicación
- ▣ StopVideosOficina: detiene los vídeos del listado de la oficina
- ▣ VerCarrito: desactiva al *FPS* y el *canvas* del menú pop-up y activa la cámara sobre el carrito. Incluye la función “verTaller” que deshace esta acción.

3.6 PROBLEMAS ENCONTRADOS

En la tabla 2 se recogen los principales problemas encontrados que pueden resultar interesantes en futuras referencias:

Problema	Solución
Bloqueo del juego sobre un objeto	Si el objeto es un modelo obtenido en SketchUp, suele llevar una cámara asociada que bloquea la vista. Solo hay que desactivarla
No se encienden todos los puntos de luz establecidos	Cambiar modo “automático” por “importante”
Pérdida de transparencia en algunas texturas del personaje	Cambiar modo “opaque” a “fade” para una transición más suave
Los botones en los carritos no hacen bien su función (al hacer cambio de cámara)	Por algún motivo que no se ha llegado a descubrir, el programa asocia la función a la posición. Cambiar la posición de los botones.

Tabla 2: Resumen de problemas y soluciones más relevantes

FASE 4: IMPLEMENTACIÓN

4.1 TEST DE USUARIOS

4.1.1 Cumplimiento de objetivos

En primer lugar, se ha verificado que la aplicación cumple con los objetivos propuestos. Se ha confirmado que en esta aplicación es posible:

- ▣ Visualizar las partes fundamentales del torno y de la fresadora
- ▣ Repasar conceptos básicos del torno y la fresadora mediante la reproducción de vídeos
- ▣ Repasar las operaciones de mecanizado con herramientas monofilo y multifilo mediante la reproducción de vídeos
- ▣ Visualizar los distintos ángulos y planos de la herramienta elemental
- ▣ Visualizar las distintas configuraciones de las herramientas
- ▣ Visualizar las zonas de formación de la viruta
- ▣ Repasar conceptos básicos de otros procesos de mecanizado convencional y no convencional mediante la reproducción de vídeos

Cabe reseñar que la aplicación no está destinada a:

- ▣ Resolver ejercicios de mecanizado
- ▣ Reproducir vídeos de plataformas externas
- ▣ Comunicarse con el profesor u otros alumnos
- ▣ Simular la fabricación de piezas
- ▣ Evaluar los conocimientos adquiridos

4.1.2 Selección de candidatos

Según los tipos de usuario definidos en las fichas protopersona, se han solicitado candidatos de entre 20 y 25 años, de ambos sexos y que ya hubieran cursado la asignatura. Lo ideal habría sido que estuviesen cursándola, pero esta asignatura se imparte en el 2º cuatrimestre. Se presentaron 5 voluntarios/as; 3 mujeres y 2 hombres con distintos niveles de destreza en juegos de ordenador.

4.1.3 Tareas a realizar y métodos

Para la realización del test, se ha puesto a los/as voluntarios/as en la siguiente situación:

- ▣ Contexto general: Estás cursando la asignatura “Ampliación de materiales y procesos” (sí, otra vez, pero ahora no hay examen)
- ▣ Tarea 1: "Nos han subido a moodle (en este caso será drive) una aplicación para repasar conceptos de la asignatura y vas a probarla
- ▣ Tarea 2: Tienes dudas sobre las partes del carro portaherramientas del torno
- ▣ Tarea 3: Necesitas ver unos ejemplos de herramientas monofilo
- ▣ Tarea 4: Quieres ver unos vídeos de movimientos de la fresa según sentido de giro
- ▣ Tarea 5: Tienes dudas sobre las distintas configuraciones de las herramientas multifilo
- ▣ Tarea 6: Quieres dar un repaso de las zonas de formación de la viruta
- ▣ Tarea 7: El profesor nos ha comentado que hay vídeos sobre otros procesos, como corte por láser y por agua, y nos ha pedido que los veamos antes de la siguiente práctica
- ▣ Tarea 8: Como ya has terminado, vas a salir de la aplicación

Los test se han realizado online, a través de una llamada de *Google Meet*, de forma que el/la testador/a tuviera la cámara activa y compartiera pantalla para ver todos sus movimientos. Se le facilitó el enlace de la carpeta para su descarga y se grabó la llamada para la posterior evaluación de los resultados.

4.1.4 Autorizaciones

Antes de comenzar la prueba, se les proporcionó un texto donde todos los participantes se identificaban, daban su consentimiento a ser grabados, se les informaba del objetivo del test y se comprometían a no compartir los archivos y/o detalles con terceras personas hasta la evaluación de este. La lectura de este texto quedó registrada en la grabación de cada prueba .

4.1.5 Problemas encontrados

En general, la mayoría de los problemas encontrados fue fruto de que los/as voluntarios/as tenían algo oxidada la asignatura, por lo que no tenían muy claro qué buscar o en qué bloque del temario se veía. Los problemas relacionados con la aplicación fueron:

- ▣ Tarea 5: Llegaban bien a la escena de configuraciones, pero como el jugador aparecía en medio de la escena mirando hacia uno de los objetos, no se daban cuenta de que había otros 2 detrás.
- ▣ Tarea 6: buscaban otro sitio donde obtener información sobre la viruta, como otra máquina o los depósitos junto a estas
- ▣ Algunos vídeos tenían el volumen muy alto
- ▣ A una persona no se le reproducían los vídeos, aunque sí se escuchaban

4.1.6 Propuestas de mejora

A raíz de los problemas encontrados, se tomaron las siguientes acciones:

- ▣ Colocar al jugador en una esquina de la escena configuraciones en vez de en el centro, de forma que pueda ver todos los modelos al entrar
- ▣ Cambiar la textura de los marcadores para que se vieran más, ya que desde la zona de las máquinas no se percibía bien
- ▣ Igualar la intensidad del sonido en todos los videos
- ▣ Investigar los motivos por los que no se reproducen los vídeos en ese caso concreto

4.1.7 Construcción y resultado final

Finalmente, se ha construido la aplicación para obtener una carpeta con los archivos necesarios para el correcto funcionamiento. Para evitar confusiones, se ha definido como ocultos todos los archivos y carpetas, excepto el que abre la aplicación y un documento de texto que indica este hecho. De esta forma, el docente podrá disponer de una carpeta comprimida para compartir con los alumnos de la forma que estime oportuna y estos solo necesitarán conexión a Internet para descargarla, pudiendo utilizarla posteriormente offline.

4.1.8 Trabajo futuro

Llegado a este punto, podemos confirmar que la aplicación satisface los objetivos propuestos y que queda abierta la posibilidad de ampliar el contenido, mejorar el material existente en cuanto a vídeos, maquinaria, objetos decorativos... e incluso adaptarlo para que sirva en asignaturas similares impartidas a otras titulaciones. Algunas propuestas son:

- ▣ Configurar que el *FPS* regrese a la escena taller en el mismo punto en que ha saltado a otra
- ▣ Sustituir los vídeos de simulador por vídeos de mecanizado de piezas reales
- ▣ Añadir animaciones al trabajador sincronizadas con el sonido de la máquina
- ▣ Ampliar el contenido didáctico para esta u otras titulaciones
- ▣ Añadir escenas para aprender sobre otras máquinas
- ▣ Incorporar un personaje interactivo al que preguntar dónde encontrar la información

CONCLUSIONES

La ejecución de este proyecto buscaba la creación de un entorno virtual e interactivo que permitiera al alumno afianzar conocimientos, facilitar el autoaprendizaje y disponer de una herramienta más visual para aquellos conceptos que así lo requieren. Como resultado, se ha obtenido una aplicación que cumple tales fines y que facilita el *mobile learning* del alumno, ya que puede ser ejecutado *offline*.

Tal y como se ha mostrado en la última fase del trabajo, se han cumplido satisfactoriamente todos los objetivos propuestos y la parte del temario que se pretendía tratar ha quedado cubierta. La parte del proyecto “no visible”, el desarrollo en *Unity*, se ha dispuesto de una forma lo más ordenada y clara posible, facilitando su modificación y/o ampliación para su aplicación en asignaturas similares de otras titulaciones.

Personalmente, este proyecto ha servido para valorar la importancia y el esfuerzo de la labor docente “detrás de las cámaras”, ya que he podido comprobar la dificultad de enseñar de forma fácil algo difícil. Asimismo, he tenido la oportunidad de presentar este proyecto en el “GAMOTEC 2021”, un taller internacional de gamificación y tecnologías motivacionales que tuvo lugar a principios de septiembre y, aunque en ese momento no estaba muy avanzado el aspecto visual, al menos tuve la oportunidad de aprender sobre otros proyectos de innovación y gamificación docente.

Aunque cabe la posibilidad de mejora en muchos aspectos, en general, se ha construido una herramienta muy útil para el apoyo al temario de la asignatura y se ha ejecutado pensando en todos sus usuarios, en los alumnos como receptores y en el docente como desarrollador de las posteriores ampliaciones.

BIBLIOGRAFÍA

1. **educaLAB.** <http://educalab.es/>. [En línea] 01 de Octubre de 2014. [Citado el: 14 de Abril de 2021.] <http://educalab.es/-/5-razones-para-la-integracion-de-los-nuevos-medios-digitales-tic-en-el-aprendizaje>.
2. **Muñoz-Repiso, Ana García-Valcárcel.** <https://gredos.usal.es/>. [En línea] [Citado el: 14 de Abril de 2021.] <https://gredos.usal.es/bitstream/handle/10366/131421/Recursos%20digitales.pdf;jsessionid=08200015A5517DBA7A1D9BC81A781A33?sequence=1>. Recursos digitales para la mejora de la enseñanza y el aprendizaje.
3. **Fagor.** [En línea] [Citado el: 04 de Abril de 2021.] <https://www.fagorautomation.com/disponible-la-nueva-version-del-simulador-cnc-gratuito/>.
4. **AlecopGroup.** [En línea] [Citado el: 04 de Abril de 2021.] <https://www.alecop.com/equipamiento-didactico/areas/fabricacion-mecanica/winunisoft/>.
5. **Metalmecánica internacional.** [En línea] Septiembre de 2014. [Citado el: 04 de Abril de 2021.] <https://www.metalmecanica.com/temas/Estudiantes-brasilenos-ganan-premio-de-innovacion-tras-desarrollar-un-torno-virtual+99596>.
6. **CNC Simulator.** [En línea] [Citado el: 04 de Abril de 2021.] <https://cnccsimulator.com/h/>.
7. **Google Play.** [En línea] [Citado el: 04 de Abril de 2021.] <https://play.google.com/store>.
8. **José Mª Tamborero del Pino.** <https://www.insst.es/>. [En línea] Enero de 1994. [Citado el: 05 de Julio de 2021.] https://www.insst.es/documents/94886/326962/ntp_434.pdf/8b2078c5-cd48-4457-bb08-f90cfdb7b479.
9. **Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT);** [En línea] Marzo de 2015. [Citado el: 05 de Julio de 2021.] <https://www.insst.es/documentacion/catalogo-de-publicaciones/guia-tecnica-para-la-evaluacion-y-la-prevencion-de-los-riesgos-relativos-a-la-utilizacion-de-los-lugares-de-trabajo>.
10. **Games, GlowFox. Texture Glass Transparent Window.** [En línea] [Citado el: 26 de Junio de 2021.] <https://assetstore.unity.com/>.

11. Nobiax/Yughues. Yughues Free Concrete Materials. [En línea] [Citado el: 08 de Julio de 2021.] <https://assetstore.unity.com>.
12. vwg. Wall/Ceiling Texture. [En línea] [Citado el: 25 de Mayo de 2021.] <https://filterforge.com/filters/>.
13. 255 pixel studios. POLYGON office building. [En línea] [Citado el: 26 de Junio de 2021.] <https://assetstore.unity.com/>.
14. Jaime Altozano. Youtube. [En línea] [Citado el: 06 de Junio de 2021.] <https://www.youtube.com/watch?v=e6Ekz7ZDV-w>.
15. anokta. [En línea] [Citado el: 09 de Julio de 2021.] <https://github.com/resonance-audio/resonance-audio-unity-sdk/releases>.
16. Matteson, Steve. [En línea] [Citado el: 10 de Octubre de 2021.] <https://fonts.google.com/specimen/Open+Sans>.

-
- ^a Layout: distribución de objetos en un espacio
 - ^b Script: fragmento de código con el que se consigue determinado comportamiento en los objetos del juego
 - ^c Trigger: propiedad de un objeto del juego por el que se activa determinado comportamiento al chocar con él, generalmente está en una zona invisible
 - ^d Collider: espacio de un objeto en el que se determina que no se puede atravesar
 - ^e Prefab: modelo prefabricado que permite que los cambios que se le apliquen afecten a todos los modelos utilizados
 - ^f Luz direccional: la emitida desde el infinito con rayos paralelos simulando la luz del sol
 - ^g Rigging: asignación de un “esqueleto” a un personaje para poder animarlo
 - ^h Skybox: textura por defecto de Unity que se visualiza hacia el infinito y simula una vista del horizonte
 - ⁱ Canvas: espacio en el que se colocan elementos de interfaz de usuario, como los botones