



Programa Erasmus+

**PROYECTO DE ASOCIACIÓN ESTRATÉGICA KA2**  
**"Enfoque contemporáneo para el desarrollo de la comprensión espacial**  
**a través de Contenido de Realidad Aumentada"**

**SPACAR**

**Nº 2019-1-LT01-KA202-060471**

## **METODOLOGÍA DE ELABORACIÓN DE MATERIAL DIDÁCTICO**

Prof. Manuel Contero  
Universitat Politècnica de València



Esta obra está licenciada bajo una Licencia [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)  
[Atribución-NoComercial-NoDerivadas 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

Nº 2019-1-LT01-KA202-060471

El apoyo de la Comisión Europea a la producción de esta publicación no constituye un respaldo de los contenidos, que reflejan únicamente las opiniones de los autores, y la Comisión no se hace responsable del uso que pueda hacerse de la información contenida en ella.

## Índice

1. Introducción .....	6
2. Capacidad espacial .....	6
3. Medición de habilidades espaciales.....	11
3.1 Test de Corte Mental (MCT).....	11
3.2 Test de Rotación Mental (MRT) .....	11
3.3 Test de Aptitud Diferencial: Relaciones espaciales (DAT: SR).....	12
3.4 Test de Visualización Espacial de Purdue: Rotaciones (PSVT: R) y su versión revisada ....	12
3.5 Test de Visualización Espacial de Purdue: Visualización (PSVT: V) .....	13
3.5 Test de Visualización Espacial de Purdue: Desarrollos (PSVT: D).....	13
3.6 Test de Orientación Espacial (SOT) .....	14
4. Marco pedagógico.....	15
4.1 Principios de diseño .....	17
4.2 Taxonomía de los ejercicios .....	17
4.3 Alineación con la estructura propuesta de los resultados intelectuales .....	18
5. Formato de los ejercicios .....	19
6. Marco de validación .....	19
7. Referencias.....	21
Apéndice 1. Ejemplos de ejercicios .....	24
Ejemplo de ejercicio 1 .....	25
Ejemplo de ejercicio 2 .....	27
Ejemplo de ejercicio 3 .....	28
Apéndice 2. Guía práctica para el uso de la plataforma SPACAR y la aplicación móvil .....	30
A2.1 Descripción de la plataforma .....	31
A2.2 Gestión del curso .....	32
A2.3 Gestión de ejercicios.....	35
A2.4 Gestión de usuarios .....	39
A2.5 Tipos de usuario .....	41
A2.6 Aplicación móvil .....	42
A2.7 Preparación de modelos 3D.....	48

## Índice de figuras

Figura 1. Estructura factorial para el procesamiento visual en la teoría CHC.....	7
Figura 2. Estructura de subfactores extendida del procesamiento visual (Gv) .....	10
Figura 3. Elemento de ejemplo en MCT .....	11
Figura 4. Elemento de ejemplo en MRT .....	12
Figura 5. Elemento de ejemplo en DAR:SR .....	12
Figura 6. Elemento de ejemplo en PSVT:R .....	12
Figura 7. Elemento de ejemplo en PSVT: V .....	13
Figura 8. Elemento de ejemplo en PSVT: D.....	13
Figura 9. Elemento de prueba en prueba de orientación espacial .....	14
Figura 10. Diseño experimental .....	19
Figura 11. Gestión de cursos en plataforma web .....	31
Figura 12. Pantalla de inicio de sesión y menú para la selección de idioma .....	32
Figura 13. Cursos en la plataforma .....	33
Figura 14. Datos para la creación de cursos.....	33
Figura 15. Edición de los datos del curso .....	34
Figura 16. Edición de los datos del curso (II).....	34
Figura 17. Parte de la barra lateral izquierda.....	35
Figura 18. Definición del ejercicio .....	36
Figura 19. Edición de la información del ejercicio .....	37
Figura 20. Descripción de un ejercicio .....	37
Figura 21. Control de archivos adjuntos en ejercicio .....	39
Figura 22. Pestaña Usuarios .....	39
Figura 23. Ventana para la definición de usuario .....	39
Figura 24. Acciones en los usuarios.....	40
Figura 25. Edición de los datos del usuario .....	40
Figura 26. Pantalla inicial y formulario de inscripción .....	42
Figura 27. Recuperación de contraseña.....	43
Figura 28. Selección de idioma.....	43
Figura 29. Desbloqueo de un curso.....	43
Figura 30. Abrir un curso .....	44
Figura 31. Eliminación de un curso .....	44
Figura 32. Selección de ejercicios (izquierda) y galería de imágenes de un ejercicio (derecha) .....	45
Figura 33. Archivo de recursos .....	45
Figura 34. Galería .....	46
Figura 35. Ejemplo de visualización 3D .....	46
Figura 36. Visualización de realidad aumentada .....	47
Figura 37. Código QR para todos los cursos.....	47

Figura 38. Piezas de ejemplo para el tutorial.....	48
Figura 39. Importación de un archivo en blender.....	49
Figura 40. Panel Transformar en blender .....	49
Figura 41. Propiedades de datos de objeto en blender .....	50
Figura 42. Elegir el modo de edición en blender.....	50
Figura 43. Selección de bordes.....	51
Figura 44. Aristas seleccionadas.....	51
Figura 45. Comando “Edge split” .....	52
Figura 46. Modelo fijo .....	52

## Índice de tablas

Tabla 1. Estructura de subfactores para el procesamiento visual (Gv).....	7
Tabla 2. Subfactores no representados dentro de la teoría CHC.....	8
Tabla 3. Subfactores potencialmente a mejorar a través de los ejercicios SPACAR.....	10
Tabla 4. Estructura de la taxonomía original de Bloom en el dominio cognitivo .....	15
Tabla 5. Taxonomía de Bloom en dibujo técnico de ingeniería .....	16
Tabla 6. Tipos de usuarios y sus permisos .....	41

## 1. Introducción

El desarrollo de las habilidades espaciales 3D ha sido citado y reconocido por muchos autores como un factor clave en muchas disciplinas científicas y técnicas (Metz et al., 2012; Wai et al., 2009). Los estudios han demostrado consistentemente que unas adecuadas habilidades espaciales están directamente relacionadas con el éxito académico en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (Adanez y Velasco, 2002; Sorby, 1990; Strong & Smith, 2001; Xiao et al., 2018).

Aunque muchos profesores todavía aplican metodologías de enseñanza tradicionales, un creciente cuerpo de investigación empírica muestra que estas metodologías no necesariamente logran obtener la comprensión de conceptos complejos (Terenzini y Pascareua, 1994) y que el aprendizaje puede mejorarse cuando los profesores incorporan estrategias de enseñanza que son interactivas (Arafeh y Levin, 2003), centradas en el estudiante, y aprovechan la tecnología existente (Kolb, 2014). Como afirma Millar (2003), la buena enseñanza exige un esfuerzo creativo continuo. En este sentido, la tecnología de Realidad Aumentada (AR) proporciona un recurso atractivo para complementar y mejorar los materiales de enseñanza tradicionales, generalmente basados en ejercicios de lápiz y papel, al tiempo que promueve el desarrollo de habilidades de visualización, autoevaluación y aprendizaje autodirigido (Chen et al., 2011; Martín-Gutiérrez et al., 2010)

## 2. Capacidad espacial

La capacidad espacial como uno de los componentes de la inteligencia humana es un tema bien estudiado en Psicología. Se pueden encontrar diferentes enfoques y clasificaciones en la literatura para su análisis. Algunos autores (Linn & Petersen, 1985; Lohman & Kyllonen, 1983) clasifican la capacidad espacial en varias subcapacidades, cada una referida a diferentes aspectos: "Relación Espacial" se refiere a tareas que requieren la rotación mental de objetos simples bidimensionales o tridimensionales (Thurstone, 1938); la "visualización espacial" está relacionada con la capacidad de manipular información espacial compleja cuando se necesitan varias etapas para producir la solución correcta; la "orientación espacial" se refiere a tareas en las que un objeto dado o una matriz de objetos tiene que ser imaginado desde otra perspectiva.

Otros autores (Olkun, 2003; Pellegrino et al., 1984) simplifican esta clasificación limitándola a sólo dos categorías: "Relaciones Espaciales" que incluye la relación espacial y la orientación espacial previamente descritas y "Visualización Espacial" como la manipulación mental e integración de estímulos consistentes en más de una parte o partes móviles, donde generalmente hay movimiento entre las partes internas de una configuración compleja y/o el plegado y despliegue de patrones planos.

Siguiendo los últimos enfoques dentro del campo de la investigación sobre la inteligencia humana, desde una perspectiva psicométrica, la capacidad espacial se identifica como un factor de segundo orden llamado **Procesamiento Visual (Gv)**, cuya estructura de subfactores se presenta en la Figura 1.

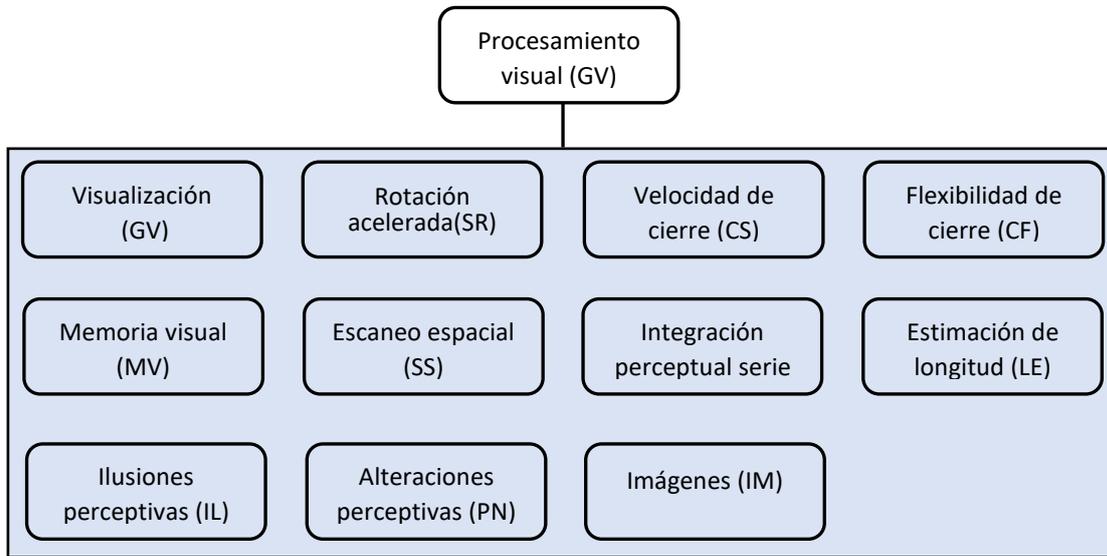


Figura 1. Estructura factorial del procesamiento visual en la teoría CHC 1 (Buckley et al., 2019)

El modelo de inteligencia de Cattell-Horn-Carroll (CHC) (Schneider & McGrew, 2012) define el **procesamiento visual (Gv)** como la capacidad de hacer uso de imágenes mentales para resolver problemas. Sus subfactores se presentan en la Tabla 1. Tabla 1. Subfactores para el procesamiento visual (Gv) 1

Tabla 1. Subfactores para el procesamiento visual (Gv) 1 (Schneider & McGrew, 2012)

Subfactor	Definición
Visualización (Vz)	La capacidad de percibir patrones complejos y simular mentalmente cómo podrían verse cuando se transforman (por ejemplo, girados, cambiados de tamaño, parcialmente oscurecidos)
Rotación acelerada (relaciones espaciales) (SR)	La capacidad de resolver problemas rápidamente mediante el uso de la rotación mental de imágenes simples
Velocidad de cierre (CS)	La capacidad de identificar rápidamente un objeto visual familiar y significativo a partir de estímulos visuales incompletos (vagos, parcialmente oscurecidos, desconectados), sin saber de antemano qué es el objeto.
Flexibilidad de cierre (CF)	La capacidad de identificar una figura visual o patrón incrustado en un patrón o matriz visual compleja que distrae o disfraza, cuando uno sabe de antemano cuál es el patrón.
Memoria visual (MV)	La capacidad de recordar imágenes complejas durante cortos períodos de tiempo (menos de 30 segundos)
Escaneo espacial (SS)	La capacidad de visualizar un camino para salir de un laberinto o un campo con muchos obstáculos
Integración perceptual serie (PI)	La capacidad de reconocer un objeto después de que solo se muestran partes de él en rápida sucesión
Estimación de longitud (LE)	La capacidad de estimar visualmente la longitud de los objetos
Ilusiones perceptivas (IL)	La capacidad de no dejarse engañar por ilusiones visuales

Alteraciones perceptivas (PN)	Consistencia en la tasa de alternancia entre diferentes percepciones visuales
Imágenes (IM)	La capacidad de producir mentalmente imágenes muy vívidas

Otros investigadores en los últimos años han añadido estímulos en movimiento o dinámicos al considerar el análisis de la capacidad espacial. Además, en la Tabla 2 hay una lista de otros subfactores potenciales considerados por otros investigadores relacionados con el procesamiento visual (Gv) no incluidos en la teoría CHC, organizados gráficamente en la Figura 2. Tabla 2. Subfactores no representados dentro de la teoría CHC 2

Figura 2. Estructura de subfactores extendida del procesamiento visual (Buckley et al., 2019)

Los recursos a desarrollar en el proyecto SPACAR apoyarán la mejora de los factores estáticos. Dentro de estos, el beneficio potencial de las actividades de capacitación/aprendizaje influirá en los subfactores enumerados en la Tabla 3.

*Tabla 3. Subfactores potencialmente a mejorar a través de los ejercicios SPACAR*

Subfactor	Definición
Visualización	La capacidad de percibir patrones complejos y simular mentalmente cómo podrían verse cuando se transforman (por ejemplo, girados, cambiados de tamaño, parcialmente oscurecidos)
Rotación acelerada	La capacidad de resolver problemas rápidamente mediante el uso de la rotación mental de imágenes simples
Velocidad de cierre	La capacidad de identificar rápidamente un objeto visual familiar y significativo a partir de estímulos visuales incompletos (por ejemplo, vagos, parcialmente oscurecidos, desconectados), sin saber de antemano qué es el objeto.
Memoria visual	La capacidad de recordar imágenes complejas durante cortos períodos de tiempo (menos de 30 segundos)
Escaneo espacial	La capacidad de visualizar un camino para salir de un laberinto o un campo con muchos obstáculos
Relaciones espaciales	La capacidad de resolver problemas mediante el uso de la rotación mental de imágenes complejas en una situación relativamente inoportuna
Orientación espacial	La comprensión de la disposición de los elementos dentro de un patrón de estímulo visual, la aptitud para permanecer no confundido por las orientaciones cambiantes en las que se puede presentar una configuración espacial, y la capacidad de determinar la orientación espacial con respecto al cuerpo de uno (McGee, 1979)
Calidad de las imágenes	La capacidad de generar una imagen mental, agregar y/o restar detalles de la imagen, rotar, mantener y transformar la imagen de maneras específicas (Burton & Fogarty, 2003)
Velocidad de las imágenes	La eficiencia de los procesos implicados en la generación, mantenimiento y transformación de las representaciones mentales (Burton & Fogarty, 2003)

*Tabla 2. Subfactores no representados dentro de la teoría CHC 2 (Schneider & McGrew, 2012)*

Subfactor	Definición
Relaciones espaciales	La capacidad de resolver problemas mediante el uso de la rotación mental de imágenes complejas en una situación relativamente imprevista
Orientación espacial	La comprensión de la disposición de los elementos dentro de un patrón de estímulo visual, la aptitud para permanecer no confundido por las orientaciones cambiantes en las que se puede presentar una configuración espacial, y la capacidad de determinar la orientación espacial con respecto al cuerpo de uno (McGee, 1979)

Calidad de las imágenes	La capacidad de generar una imagen mental, agregar y/o restar detalles de la imagen, rotar, mantener y transformar la imagen de maneras específicas (Burton & Fogarty, 2003)
Velocidad de las imágenes	La eficiencia de los procesos implicados en la generación, mantenimiento y transformación de las representaciones mentales (Burton & Fogarty, 2003)
Ilusiones de forma y dirección	La capacidad de no dejarse engañar por distorsiones en la forma aparente, el paralelismo y la colinealidad, como las ilusiones de Poggendorff, Wundt y Zoellner (Coren et al., 1976)
Ilusiones de contraste de tamaño	La capacidad de no dejarse engañar por distorsiones en las que el tamaño aparente de un elemento parece verse afectado por el tamaño de otros elementos que lo rodean, o forman su contexto, como las ilusiones del Delboeuf, Ebbinghaus, Jastrow y Ponzo (Coren et al., 1976)
Ilusiones de sobreestimación	La capacidad de no verse afectado por ilusiones de sobreestimación de dimensiones lineales, como la ilusión de Mueller-Lyer y ambas partes de la ilusión de Baldwin (Coren et al., 1976)
Ilusiones de subestimación	La capacidad de no verse afectado por ilusiones de subestimación de dimensiones lineales como el segmento aparentemente más corto de la ilusión de Oppel-Kundt (Coren et al., 1976)
Ilusiones del marco de referencia	La capacidad de no verse afectado por ilusiones de marco de referencia como la ilusión de varilla y marco (Coren et al., 1976)
Juicio direccional	La capacidad relacionada con la realización de tareas que implican la predicción de direcciones (Colom et al., 2002)
Juicio rápido	La capacidad relacionada con la realización de tareas que implican la predicción de los tiempos de llegada de objetos en movimiento (Colom et al., 2002)
Detección de movimiento	La capacidad de detectar el movimiento apenas visible de un objeto y determinar la dirección de este movimiento (Roff, 1953)
Memoria visual dinámica	La capacidad de recordar imágenes dinámicas complejas durante cortos períodos de tiempo (menos de 30 segundos)
Percepción serial din. integración	La capacidad de reconocer un objeto dinámico después de que solo se muestran partes de él en rápida sucesión.
Escaneo espacial dinámico	La capacidad de visualizar un camino para salir de un laberinto dinámico o un campo con muchos obstáculos
Percepción dinámica Alteraciones	Consistencia en la tasa de alternancia entre diferentes percepciones visuales de un estímulo dinámico

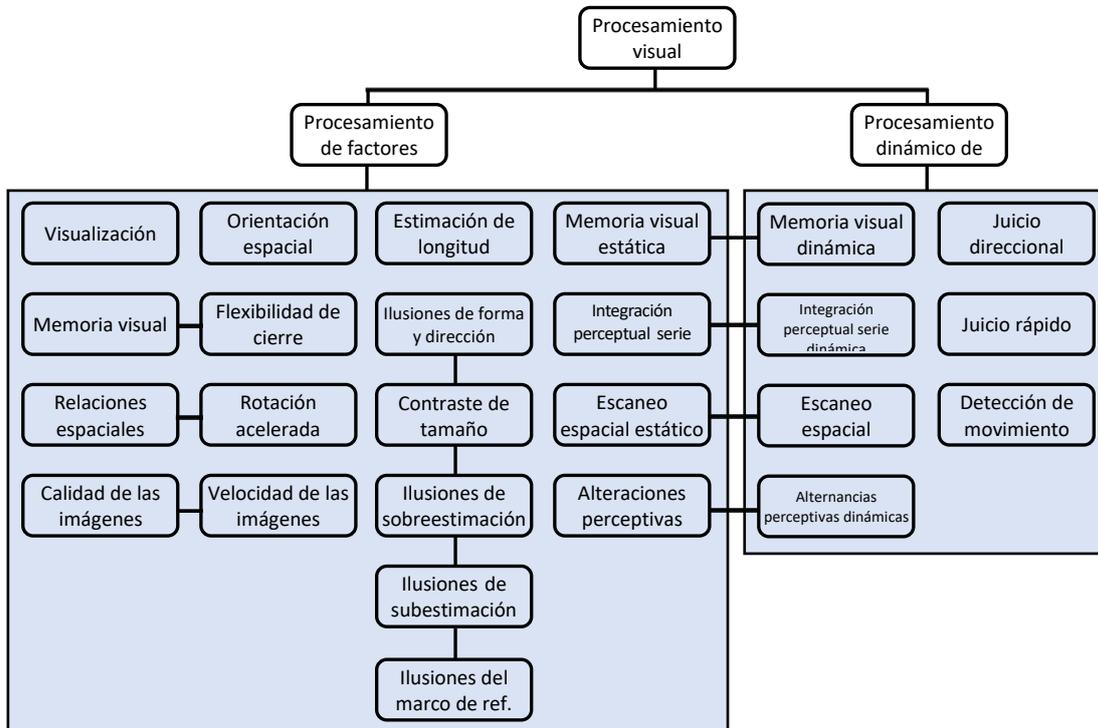


Figura 2. Estructura de subfactores extendida del procesamiento visual (Buckley et al., 2019)

Los recursos a desarrollar en el proyecto SPACAR apoyarán la mejora de los factores estáticos. Dentro de estos, el beneficio potencial de las actividades de capacitación/aprendizaje influirá en los subfactores enumerados en la Tabla 3.

Tabla 3. Subfactores potencialmente a mejorar a través de los ejercicios SPACAR

Subfactor	Definición
Visualización	La capacidad de percibir patrones complejos y simular mentalmente cómo podrían verse cuando se transforman (por ejemplo, girados, cambiados de tamaño, parcialmente oscurecidos)
Rotación acelerada	La capacidad de resolver problemas rápidamente mediante el uso de la rotación mental de imágenes simples
Velocidad de cierre	La capacidad de identificar rápidamente un objeto visual familiar y significativo a partir de estímulos visuales incompletos (por ejemplo, vagos, parcialmente oscurecidos, desconectados), sin saber de antemano qué es el objeto.
Memoria visual	La capacidad de recordar imágenes complejas durante cortos períodos de tiempo (menos de 30 segundos)
Escaneo espacial	La capacidad de visualizar un camino para salir de un laberinto o un campo con muchos obstáculos
Relaciones espaciales	La capacidad de resolver problemas mediante el uso de la rotación mental de imágenes complejas en una situación relativamente inoportuna
Orientación espacial	La comprensión de la disposición de los elementos dentro de un patrón de estímulo visual, la aptitud para permanecer no confundido por las orientaciones cambiantes en las que se puede presentar una configuración espacial, y la capacidad de determinar la orientación espacial con respecto al cuerpo de uno (McGee, 1979)
Calidad de las imágenes	La capacidad de generar una imagen mental, agregar y/o restar detalles de la imagen, rotar, mantener y transformar la imagen de maneras específicas (Burton & Fogarty, 2003)
Velocidad de las imágenes	La eficiencia de los procesos implicados en la generación, mantenimiento y transformación de las representaciones mentales (Burton & Fogarty, 2003)

### 3. Medición de habilidades espaciales

La medición de las habilidades espaciales está estandarizada por pruebas internacionales, que han sido ampliamente analizadas en los últimos 20 años (Nagy-Kondor, 2017). En esta sección se describirán los instrumentos más utilizados relacionados con los estudios sobre el desarrollo de habilidades espaciales en estudiantes de ingeniería (Marunić & Glažar, 2014).

#### 3.1 Test de Corte Mental (MCT)

El MCT estándar (CEEB, 1939) consta de 25 ítems. En cada ítem (ver Figura 3 para un ejemplo) se presenta una perspectiva sobre un objeto y un plano de corte. El sujeto debe elegir la figura correcta que representa la sección resultante. Algunos de los ítems tienen formas relativamente inusuales y en algunos casos es muy difícil reconocer la posición relativa del plano de corte con respecto al objeto (Tsutsumi, 2004). El MCT tiene una duración de 20 minutos, y el resultado es una puntuación numérica de 25. Figura 3. Elemento de ejemplo en MCT2

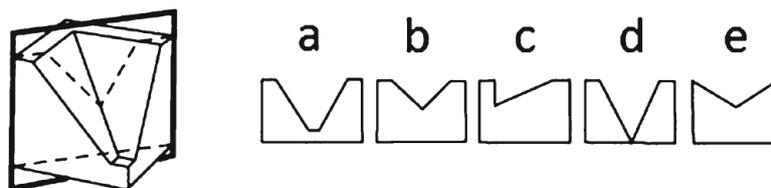


Figura 3. Elemento de ejemplo en MCT2

#### 3.2 Test de Rotación Mental (MRT)

MRT (Vandenberg & Kuse, 1978) consta de 20 ítems (ver Figura 4 para un ejemplo), divididos en dos bloques iguales, con un límite de tres minutos para la finalización de cada bloque. Cada ítem consta de cinco estímulos, que incluyen un objeto que formado por cubos tridimensionales y cuatro alternativas (dos alternativas correctas y dos alternativas incorrectas). Las alternativas correctas son estructuralmente idénticas al objeto, pero se muestran en una posición rotada. Se pide a los participantes que encuentren las dos alternativas correctas. Se otorgan dos puntos por cada ítem con dos opciones correctas. Se recibe un punto si solo se elige una de las opciones y esta es correcta y no se dan puntos si una de las dos alternativas es correcta pero la otra no, o si las dos son incorrectas. La puntuación máxima que se puede obtener es de 40. Figura 4. Elemento de ejemplo en MRT3

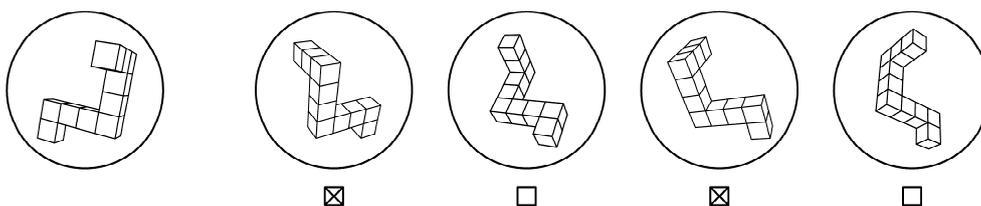


Figura 4. Elemento de ejemplo en MRT3

### 3.3 Test de Aptitud Diferencial: Relaciones espaciales (DAT: SR)

DAT:SR (Bennet et al., 1956) consta de 50 ítems (ver Figura 5 para un ejemplo) y la tarea consiste en seleccionar el objeto 3D correcto entre cuatro alternativas que se obtendría al plegar la forma plana dada. La prueba DAT:SR dura 20 minutos, y el resultado es una puntuación numérica de 50. Figura 5. Elemento de ejemplo en DAR:SR4

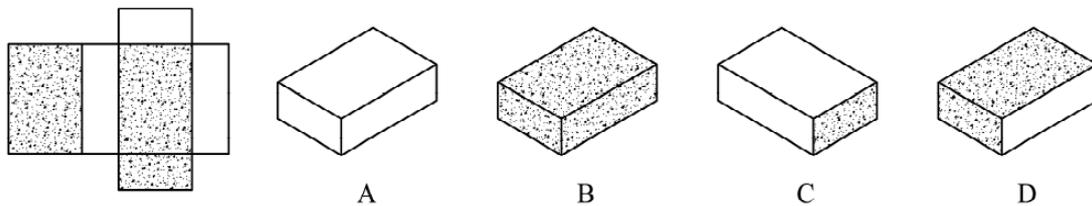


Figura 5. Elemento de ejemplo en DAR:SR4

### 3.4 Test de Visualización Espacial de Purdue: Rotaciones (PSVT: R) y su versión revisada

PSVT: R (Guay, 1977) consta de 30 ítems y tarda 20 minutos en completarse. Para cada ítem, un objeto dado se gira en el espacio. A continuación, se presenta un conjunto de cinco opciones que muestran una versión rotada de un segundo objeto. Los sujetos tienen que seleccionar aquella opción en la que el segundo objeto se giraría del mismo modo en el espacio que el primer objeto (ver Figura 6 para un ejemplo). Figura 6. Ítem de ejemplo en PSVT:R5

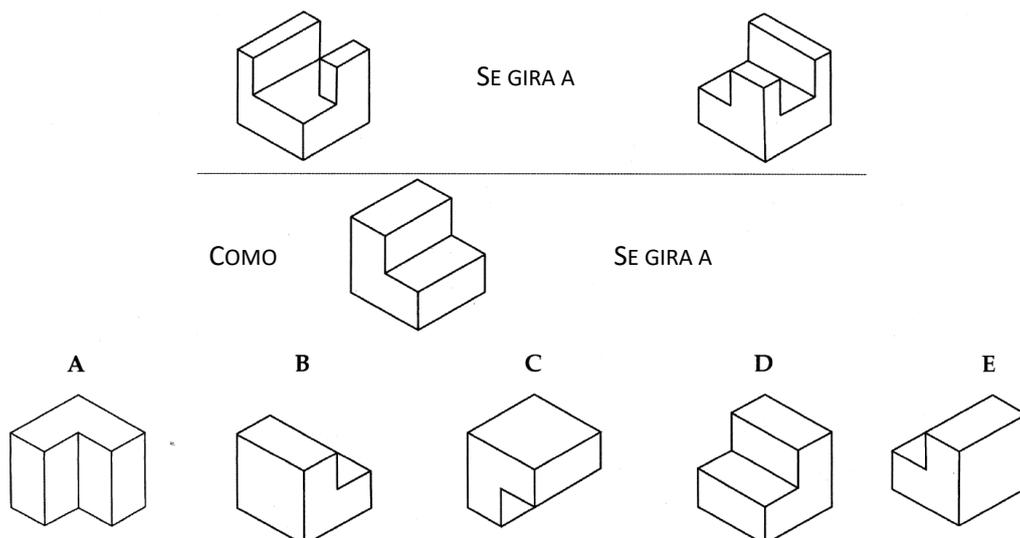


Figura 6. Ítem de ejemplo en PSVT:R5

El Test de Visualización Espacial de Purdue: Rotaciones (Revised PSVT:R) (Yoon, 2011) es una versión revisada del PSVT:R. El instrumento tiene 2 ítems de práctica

seguidos de 30 ítems de prueba que consisten en 13 figuras simétricas y 17 asimétricas de objetos 3D, que se presentan en perspectiva isométrica. En la versión revisada, las figuras se reescalan y los elementos se reordenan de fácil a difícil.

### 3.5 Test de Visualización Espacial de Purdue: Visualización (PSVT: V)

PSVT: V (Guay, 1977) consta de 30 ítems. Los participantes deben visualizar un objeto enmarcado en un cuadro transparente desde una esquina específica marcada con un punto. Se ofrecen cinco alternativas. Solo una es correcta.

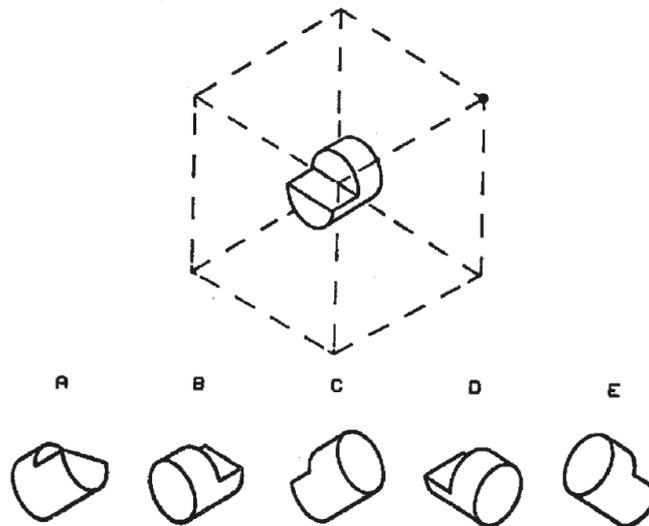


Figura 7. Ítem de ejemplo en PSVT: V6

### 3.5 Test de Visualización Espacial de Purdue: Desarrollos (PSVT: D)

PSVT: R (Guay, 1977) consta de 30 ítems donde se presenta el desarrollo de un objeto. Los participantes deben elegir entre 5 opciones, que corresponden con proyecciones axonométricas del objeto cuyo desarrollo se muestra. Sólo una opción es correcta.

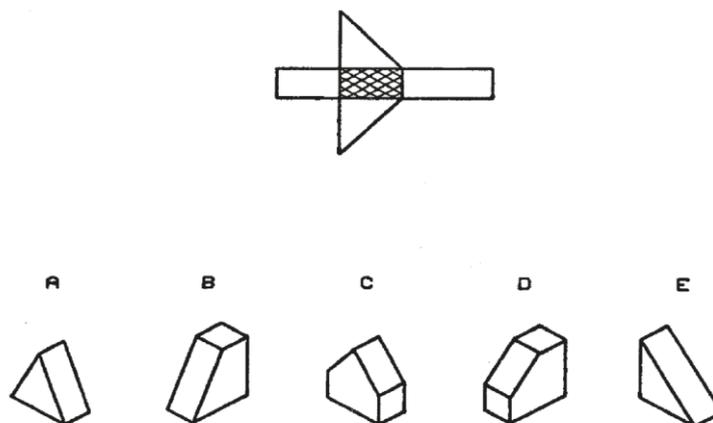


Figura 8. Ítem de ejemplo en PSVT: D7

### 3.6 Test de Orientación Espacial (SOT)

El Test de Orientación Espacial (Hegarty & Waller, 2005) consta de 12 ítems. Se dibujan siete objetos en la media hoja de papel superior correspondiente a cada ítem (ver Figura 9). Se les pide a los participantes que imaginen estar en la posición de un objeto (el punto de estación) frente a otro objeto y luego se les pide que intenten indicar la dirección a un tercer objeto (diana). Los participantes proporcionan su respuesta utilizando un círculo que se dibuja en la mitad inferior de la página. Por ejemplo, si el punto de estación imaginado es el signo de la flor y el objeto que define el alineamiento es el árbol. Si el objeto diana es el gato, el participante debe dibujar la línea punteada, como se indica en la Figura 9 para proporcionar una respuesta correcta. Figura 9. Ítem de prueba en el Test de Orientación Espacial

La puntuación de cada ítem se obtiene midiendo la desviación absoluta en grados entre la respuesta del participante y la dirección correcta a la diana (error direccional absoluto). La puntuación total del participante se calcula como la desviación media en todos los ítems intentados.

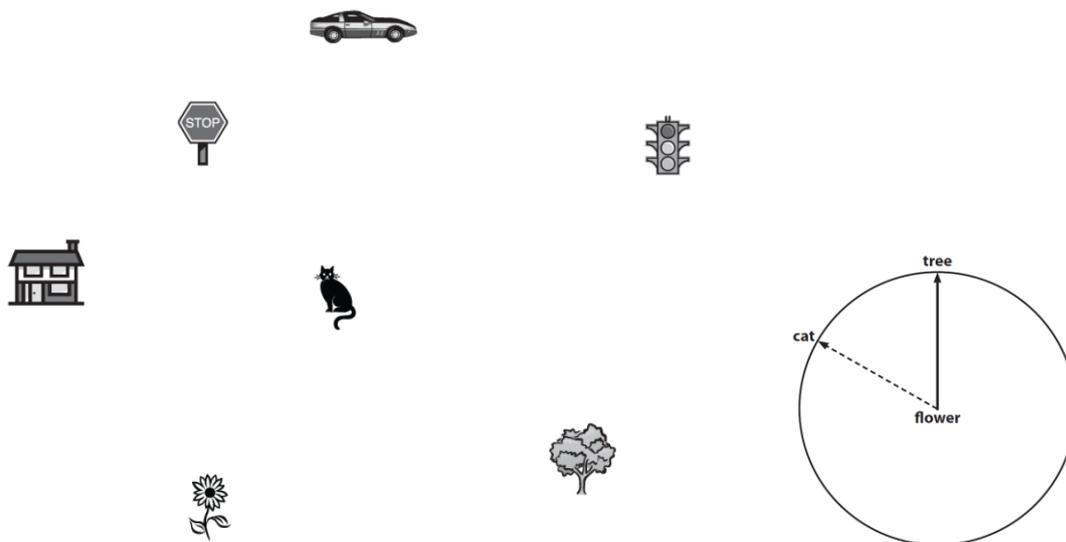


Figura 9. Ítem de prueba en el Test de Orientación Espacial

## 4. Marco pedagógico

La disciplina de la Ingeniería Gráfica ofrece muchas alternativas para crear contenido didáctico específico para entrenar las habilidades espaciales. Una de las principales fuentes de ejercicios son las operaciones geométricas (proyección + sección) que conectan un objeto 3D con su representación en 2D. Las transformaciones geométricas como la rotación y la simetría también proporcionan buenas actividades de entrenamiento. El modelado CAD 3D también es una buena fuente de ideas para los ejercicios, teniendo en cuenta que el proceso de modelado requiere habilidades específicas para identificar el conjunto de características de forma que combinadas por los operadores booleanos adecuados producen un modelo 3D correcto que ofrece una representación virtual de una pieza 3D física.

Con el fin de organizar el contenido didáctico de una manera significativa, se va a desplegar la taxonomía de Bloom (Bloom et al., 1956) para organizar las actividades de capacitación. Aunque existen algunas propuestas nuevas (Krathwohl, 2002) que revisan la taxonomía original, teniendo en cuenta el uso generalizado de la original y trabajos previos que la conectan con el campo de los gráficos en ingeniería (Violante et al., 2020), la taxonomía original se seguirá en este documento como se detalla en la Tabla 4. Tabla 4. Estructura de la taxonomía original de Bloom en el dominio cognitivo3

*Tabla 4. Estructura de la taxonomía original de Bloom en el dominio cognitivo3*

---

### Niveles y subniveles

---

1. Conocimiento
  - 1.1 Conocimiento de los detalles
    - 1.11 Conocimiento de la terminología
    - 1.12 Conocimiento de hechos específicos
  - 1.2 Conocimiento de las formas y medios de tratar con los aspectos específicos
    - 1.21 Conocimiento de las convenciones
    - 1.22 Conocimiento de tendencias y secuencias
    - 1.23 Conocimiento de clasificaciones y categorías
    - 1.24 Conocimiento de los criterios
    - 1.25 Conocimiento de la metodología
  - 1.3 Conocimiento de conceptos universales y abstracciones en un campo
    - 1.31 Conocimiento de principios y generalizaciones
    - 1.32 Conocimiento de teorías y estructuras
2. Comprensión
  - 2.1 Traducción
  - 2.2 Interpretación
  - 2.3 Extrapolación
3. Aplicación
4. Análisis
  - 4.1 Análisis de elementos
  - 4.2 Análisis de las relaciones
  - 4.3 Análisis de los principios organizativos
5. Síntesis
  - 5.1 Producción de una comunicación única
  - 5.2 Producción de un plan o conjunto de operaciones
  - 5.3 Derivación de un conjunto de relaciones abstractas
6. Evaluación
  - 6.1 Evaluación en términos de evidencia interna

## 6.2 Evaluación en términos de criterios externos

**Tabla 5. Taxonomía de Bloom en dibujo técnico de ingeniería 4(Violante et al., 2020)**

<b>Niveles</b>	<b>Descripción</b>	<b>Palabras clave</b>	<b>Ejemplos de preguntas sobre métodos de proyección ortográfica</b>
1. Conocimiento	Muestra la memoria de material previamente aprendido al recordar términos fundamentales, hechos, métodos, procedimientos, conceptos	citar, definir, identificar, etiquetar, listar, nombrar, reconocer, reproducir, seleccionar, estado	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Escriba los nombres de cada una de las vistas estándar en un boceto</li> <li>2. Enumere los principales tipos de métodos de proyección</li> <li>3. Haga coincidir el símbolo correcto con el método de proyección correspondiente</li> </ol>
2. Comprensión	Comprende los usos e implicaciones de la Información dada (términos, hechos, métodos, procedimientos, conceptos)	clasificar, convertir, describir, distinguir entre, explicar, ampliar, dar ejemplos, ilustrar, interpretar, parafrasear, resumir, traducir	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. En el método de proyección del primer diedro, la vista lateral izquierda se coloca en (a) Sobre el alzado (b) A derecha del alzado (c) Sobre la planta (d) Debajo del alzado</li> <li>2. ¿Cuál de los siguientes métodos de proyección no utiliza direcciones de proyección perpendiculares al plano de proyección: (a) isométrico (b) ortográfico (c) oblicuo (d) axonométrico</li> </ol>
3. Aplicación	Utiliza estrategias, conceptos, principios y teorías en situaciones concretas. Resuelve problemas. Teoría de la práctica	aplicar, organizar, calcular, llevar a cabo, construir, demostrar, descubrir, ejecutar, implementar, modificar, operar, predecir, preparar, producir, relacionar, mostrar, resolver, usar	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. En cada celda con letras, el círculo representa la ubicación de una vista que falta. Seleccione la vista correcta de entre las vistas propuestas</li> <li>2. Para cada fila mostrada, seleccione la perspectiva del objeto que producirá las vistas ortográficas que se dan</li> </ol>
4. Análisis	Divide la información en sus elementos componentes para explorar las relaciones	analizar, asociar, determinar, diagramar, diferenciar, discriminar, distinguir, comparar, estimar, inferir, ordenar, esbozar, señalar, separar, subdividir	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Compare el método de proyección del primer diedro y el método de proyección del tercer triedro</li> </ol>
5. Síntesis	Recopila información de forma diferente combinando elementos en un nuevo patrón o proponiendo soluciones alternativas	combinar, compilar, componer, construir, crear, diseñar, desarrollar, idear, formular, integrar, inventar, modificar, organizar, planificar, producir, proponer, reorganizar, reorganizar, revisar, reescribir	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Formule el número correcto de vistas necesarias para describir completamente un objeto en el método de proyección del primer diedro</li> </ol>
6. Evaluación	Juzga el valor de las ideas, materiales y métodos mediante el desarrollo y la aplicación de normas y criterios	evaluar, verificar, concluir, contrastar, criticar, hipotetizar, juzgar, justificar, apoyar, probar	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Compruebe si las vistas del plano de una pieza se han utilizado de forma adecuada</li> </ol>

En la sección 2 de este documento, el procesamiento visual (Gv) se definió como la capacidad de hacer uso de imágenes mentales simuladas para resolver problemas. El objetivo del proyecto SPACAR es desarrollar una serie de resultados intelectuales para forzar el uso de imágenes mentales para resolver problemas vinculados a la disciplina de la ingeniería gráfica. Para guiar el desarrollo de estos ejercicios, la Tabla 5 proporciona algunos ejemplos en el contexto del dibujo técnico para comprender los niveles jerárquicos de la taxonomía de Bloom. La elección de los ejercicios según su nivel

de Bloom asociado permitirá a los profesores adaptarlos a diferentes niveles y contextos educativos. El papel de la realidad aumentada será proporcionar tanto apoyo para comprender el ejercicio (entrada) como la solución o pasos necesarios para resolverlo (salida). Tabla 5. Taxonomía de Bloom en dibujo técnico de ingeniería 4

#### 4.1 Principios de diseño

La producción intelectual del proyecto (ejercicios) seguirá los siguientes principios:

1. El objetivo principal de los ejercicios es mejorar las habilidades espaciales de los estudiantes que utilicen estos recursos.
2. Los ejercicios operarán en los niveles 2-6 de Bloom y se proporcionarán a los estudiantes de acuerdo con sus conocimientos "previos".
3. Los ejercicios proporcionarán una progresión en su dificultad. Para cada nivel de Bloom se desarrollarán conjuntos de ejercicios con un nivel creciente de dificultad. Se debe utilizar una métrica objetiva, como la complejidad de la geometría involucrada en el ejercicio, para medir el nivel de dificultad.
4. Los ejercicios se proporcionarán a los estudiantes de manera progresiva, comenzando con el nivel 2 de Bloom y terminando con el nivel 6.
5. En la medida de lo posible, las actividades de dibujo deben integrarse como parte de los ejercicios, considerando que también contribuyen a desarrollar habilidades espaciales (Mohler & Miller, 2008).
6. Las tareas de las pruebas de capacidad espacial utilizadas en el estudio de validación descrito en la sección 6 de este documento no deben incluirse en ninguno de los ejercicios.

#### 4.2 Taxonomía de los ejercicios

Con el objetivo de ayudar a los participantes en el proyecto en la elaboración de los resultados intelectuales, esta sección proporciona algunos ejemplos de actividades que se organizan de acuerdo con su nivel cognitivo en la taxonomía de Bloom. Esta no es una lista exhaustiva y puede ampliarse en futuras versiones de este documento.

##### Nivel de comprensión (2)

Algunas actividades aptas para este nivel son:

- Identificación de superficies y vértices en vistas ortográficas y axonométricas de un objeto virtual tridimensional proporcionado como entrada.
- Identificación de vistas ortográficas a partir de un modelo tridimensional virtual utilizado como entrada.
- Identificación de la geometría de un sólido de revolución definido por sección, eje y ángulo.
- Identificación del resultado de una operación booleana aplicada a varios objetos.
- Dibujo isométrico de objetos estructurados en bloques definidos por una codificación (Connolly et al., 2009).

### **Nivel de aplicación (3)**

Algunas actividades aptas para este nivel son:

- Creación de vistas ortográficas (con y sin representación de líneas ocultas) a partir de una perspectiva de un objeto. Uso de objetos de dificultad creciente: número de bloques, planos inclinados simples, superficies cilíndricas.
- Identificación de la versión rotada de un objeto (cadena de rotaciones).
- Identificación y esbozo de una versión simétrica de un objeto.

### **Nivel de análisis (4)**

Algunas actividades aptas para este nivel son:

- Identificación y numeración de piezas en plano de montaje.
- Identificación de un prisma cuando se utiliza como bloques de construcción en piezas.
- Identificación de desarrollos de objetos.

### **Nivel de síntesis (5)**

Algunas actividades aptas para este nivel son:

- Definición de los pasos de geometría sólida constructiva (CSG) para construir un modelo 3D.
- Creación de perspectivas desde vistas ortográficas.
- Interpretación de planos topográficos.
- Identificación de un objeto a partir de su desarrollo.
- Creación del modelo BIM de un proyecto de edificio o infraestructura utilizando sus planos como entrada.

### **Nivel de evaluación (6)**

Algunas actividades aptas para este nivel son:

- Compatibilidad de ensamblaje de piezas en vistas explotadas.
- Viabilidad de un árbol CSG para representar un modelo.
- Evaluación de la corrección del número y contenido de cortes, secciones y vistas para definir un objeto.

## **4.3 Alineación con la estructura propuesta de los resultados intelectuales**

Los resultados intelectuales del proyecto SPACAR se organizan en cinco bloques principales:

- O1: Corte de sólidos con planos.
- O2: Intersecciones de superficies geométricas.
- O3: Proyecciones ortográficas.
- O4: Construcción de elementos de piezas de máquinas.
- O5: Dibujo arquitectónico y de construcción.

Cada uno de los cinco bloques ofrece muchas oportunidades para aplicar los diferentes tipos de ejercicios enumerados en la sección 4.2. Debido a la mayor

complejidad en los temas cubiertos por O3, O4 y O5, este tipo de resultados pueden ser cubiertos por todos los niveles cognitivos en la taxonomía de Bloom.

## 5. Formato de los ejercicios

Cada ejercicio debe incluir al menos la siguiente información:

- Identificación de resultados intelectuales.
- Identificación/número de ejercicio.
- Título
- Descripción.
- Archivos digitales.
- Resultado.
- Conocimientos previos necesarios para resolver el ejercicio.
- Descripción del contenido de realidad aumentada.

El contenido 3D que se muestre utilizando la realidad aumentada debe entregarse preferentemente utilizando formatos de archivo FBX u OBJ. Se ha desarrollado una plantilla de Word para entregar los ejercicios. Un ejemplo de ejercicio utilizando esta plantilla se presenta en el Apéndice 1.

## 6. Marco de validación

Para evaluar la efectividad de los resultados intelectuales del proyecto se recomienda aplicar un diseño cuasi-experimental (Campbell & Stanley, 2015), debido a la dificultad de aplicar una asignación aleatoria de sujetos (estudiantes) al grupo experimental o control. Algunas de las universidades y centros profesionales que participan en el proyecto SPACAR, u otros centros identificados a través de las actividades de difusión del proyecto podrían proporcionar los estudiantes para el estudio experimental.



Figura 10. Diseño experimental9

En la Figura 10, se presenta un diagrama de bloques con el diseño experimental. En cuanto el pre-test y post-test a utilizar, teniendo en cuenta los tests más utilizados

en estudios previos que conectan el desarrollo de la capacidad espacial y la educación en ingeniería, se recomienda utilizar: Figura 10. Diseño experimental<sup>9</sup>

- Test Revisado de Visualización Espacial de Purdue: Rotaciones (revised PSVT: R).
- Test de Aptitud Diferencial: Relaciones Espaciales (DAT: SR).
- Test de Orientación Espacial (SOT).

Para analizar el impacto de los resultados de SPACAR en la motivación de los estudiantes, se recomienda realizar la Encuesta de Motivación de Materiales de Instrucción (IMMS) al mismo tiempo que los post-tests. IMMS se basa en el modelo ARCS (Atención, Relevancia, Confianza y Satisfacción) (Keller, 2010). El IMMS tiene 36 ítems. Las subescalas de Relevancia y Confianza tienen 9 ítems, la subescala de Satisfacción tiene 6 y la subescala de Atención tiene 12. Tanto el grupo experimental como el de control recibirían el IMMS.

Para recopilar la retroalimentación subjetiva de los estudiantes sobre la aplicación de realidad aumentada (grupo experimental) se recomienda utilizar la Escala de Usabilidad de Realidad Aumentada (HARUS) (Santos et al., 2015).

Los resultados obtenidos a través de los estudios de validación mejorarán la visibilidad y el impacto del proyecto SPACAR, proporcionando una vía de difusión adicional para los resultados del proyecto a través de conferencias y revistas científicas.

## 7. Referencias

- Adanez, G. P., & Velasco, A. D. (2002). Predicting academic success of engineering students in technical drawing from visualization test scores. *Journal of Geometry and Graphics*, 6(1), 99–109.
- Arafeh, S., & Levin, D. (2003). The digital disconnect: The widening gap between internet-savvy students and their schools. *Society for Information Technology & Teacher Education International Conference*, 1002–1007.
- Bennet, G. K., Seashore, H. G., & Wesman, A. G. (1956). The differential aptitude tests: An overview. *The Personnel and Guidance Journal*, 35(2), 81–91.  
<https://doi.org/10.1002/j.2164-4918.1956.tb01710.x>
- Bloom, B. S., Engelhart, M. D., Furst, E. J., Walker, H. H., & Krathwohl, D. R. (1956). Taxonomy of educational objectives. Vol. 1: Cognitive domain. In *New York: McKay*.
- Buckley, J., Seery, N., & Canty, D. (2019). Spatial cognition in engineering education: developing a spatial ability framework to support the translation of theory into practice. *European Journal of Engineering Education*, 44(1–2), 164–178.  
<https://doi.org/10.1080/03043797.2017.1327944>
- Burton, L. J., & Fogarty, G. J. (2003). The factor structure of visual imagery and spatial abilities. *Intelligence*, 31(3), 289–318.
- Campbell, D. T., & Stanley, J. C. (2015). *Experimental and quasi-experimental designs for research*. Ravenio Books.
- CEEB. (1939). *Special Aptitude Test in Spatial Relations*. College Entrance Examination Board New York.
- Chen, Y.-C., Chi, H.-L., Hung, W.-H., & Kang, S.-C. (2011). Use of tangible and augmented reality models in engineering graphics courses. *Journal of Professional Issues in Engineering Education & Practice*, 137(4), 267–276.
- Colom, R., Contreras, M., Botella, J., & Santacreu, J. (2002). Vehicles of spatial ability. *Personality and Individual Differences*, 32(5), 903–912.
- Connolly, P., Harris, L. V. A., & Sadowski, M. (2009). Measuring and enhancing spatial visualization in engineering technology students. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*. <https://peer.asee.org/4712>
- Coren, S., Girgus, J. S., Erlichman, H., & Hakstian, A. R. (1976). An empirical taxonomy of visual illusions. *Perception & Psychophysics*, 20(2), 129–137.
- Guay, R. B. (1977). Purdue spatial visualization test-visualization of rotations. *W. Lafayette, IN. Purdue Research Foundation*.
- Hegarty, M., & Waller, D. (2005). Individual differences in spatial abilities. *The Cambridge Handbook of Visuospatial Thinking*, 121–169.
- Keller, J. M. (2010). *Motivational Design for Learning and Performance*. 21–42.  
<https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1250-3>
- Kolb, D. A. (2014). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. FT press.
- Krathwohl, D. R. (2002). A revision of Bloom's taxonomy: An overview. *Theory into*

- Practice*, 41(4), 212–218.
- Linn, M. C., & Petersen, A. C. (1985). Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: A meta-analysis. *Child Development*, 1479–1498.
- Lohman, D. F., & Kyllonen, P. C. (1983). Individual differences in solution strategy on spatial tasks. *Individual Differences in Cognition*, 1, 105–135.
- Martín-Gutiérrez, J., Contero, M., & Alcañiz, M. (2010). Intelligent Tutoring Systems. In V. Aleven, J. Kay, & J. Mostow (Eds.), *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)* (Vol. 6094, Issue PART 1, pp. 296–306). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-13388-6>
- Marunić, G., & Glažar, V. (2014). Improvement and assessment of spatial ability in engineering education. *Engineering Review. University of Rijeka*, 34(2), 139–150.
- McGee, M. G. (1979). Human spatial abilities: Psychometric studies and environmental, genetic, hormonal, and neurological influences. *Psychological Bulletin*, 86(5), 889.
- Metz, S. S., Donohue, S., & Moore, C. (2012). Spatial skills: A focus on gender and engineering. *International Journal of Science Education*, 31, 3.
- Millar, S. B. (2003). Effecting faculty change by starting with effective faculty: Characteristics of successful STEM education innovators. *National Research Council, Improving Undergraduate Instruction in Science, Technology, Engineering, and Mathematics: Report of a Workshop*, 101–117.
- Mohler, J. L., & Miller, C. L. (2008). Improving spatial ability with mentored sketching. *The Engineering Design Graphics Journal*, 72(winter), 19–27.
- Nagy-Kondor, R. (2017). Spatial Ability: Measurement and Development. In M. S. Khine (Ed.), *Visual-spatial Ability in STEM Education: Transforming Research into Practice* (pp. 35–58). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-44385-0\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-44385-0_3)
- Newcombe, N. S., Weisberg, S. M., Atit, K., Jacovina, M. E., Ormand, C. J., & Shipley, T. F. (2015). The Lay of the Land: Sensing and Representing Topography. *Baltic International Yearbook of Cognition, Logic and Communication*, 10, 1–57. <https://doi.org/10.4148/1944-3676.1099>
- Olkun, S. (2003). Making connections: Improving spatial abilities with engineering drawing activities. *International Journal of Mathematics Teaching and Learning*, 3(1), 1–10.
- Pellegrino, J. W., Alderton, D. L., & Shute, V. J. (1984). Understanding spatial ability. *Educational Psychologist*, 19(4), 239–253.
- Roff, M. (1953). *A factorial study of tests in the perceptual area* (Issue 8). Psychometric Society.
- Santos, M. E. C., Polvi, J., Taketomi, T., Yamamoto, G., Sandor, C., & Kato, H. (2015). Toward standard usability questionnaires for handheld augmented reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 35(5), 66–75.
- Schneider, W. J., & McGrew, K. S. (2012). The Cattell–Horn–Carroll model of intelligence. In D. P. Flanagan & P. L. Harrison (Eds.), *Contemporary intellectual*

- assessment (3rd., pp. 99–144). Guilford Press.
- Sorby, S. A. (1990). Developing 3-D Spatial Visualization Skills. *Engineering Design Graphics Journal*, 63(2), 21–32.
- Terenzini, P. T., & Pascareua, E. T. (1994). Living with myths: Undergraduate education in America. *Change: The Magazine of Higher Learning*, 26(1), 28–32.
- Thurstone, L. L. (1938). *Primary mental abilities* (Vol. 119). University of Chicago Press Chicago.
- Tsutsumi, E. (2004). A Mental Cutting Test using drawings of intersections. *Journal for Geometry and Graphics*, 8(1), 117–126.
- Vandenberg, S. G., & Kuse, A. R. (1978). Mental rotations, a group test of three-dimensional spatial visualization. *Perceptual and Motor Skills*, 47(2), 599–604.
- Violante, M. G., Moos, S., & Vezzetti, E. (2020). A methodology for supporting the design of a learning outcomes-based formative assessment: the engineering drawing case study. *European Journal of Engineering Education*, 45(2), 305–327. <https://doi.org/10.1080/03043797.2019.1622653>
- Wai, J., Lubinski, D., & Benbow, C. P. (2009). Spatial ability for STEM domains: Aligning over 50 years of cumulative psychological knowledge solidifies its importance. *Journal of Educational Psychology*, 101(4), 817.
- Xiao, Z., Wauck, H., Peng, Z., Ren, H., Zhang, L., Zuo, S., Yao, Y., & Fu, W. T. (2018). Cubicle: An adaptive educational gaming platform for training spatial visualization skills. *International Conference on Intelligent User Interfaces, Proceedings IUI*, 91–101. <https://doi.org/10.1145/3172944.3172954>
- Yoon, S. Y. (2011). *Psychometric properties of the revised Purdue spatial visualization tests: visualization of rotations (The Revised PSVT: R)*. (Doctoral dissertation). Available from ProQuest Dissertations & Theses Global database. (UMI No. 3480934).

## Apéndice 1. Ejemplos de ejercicios

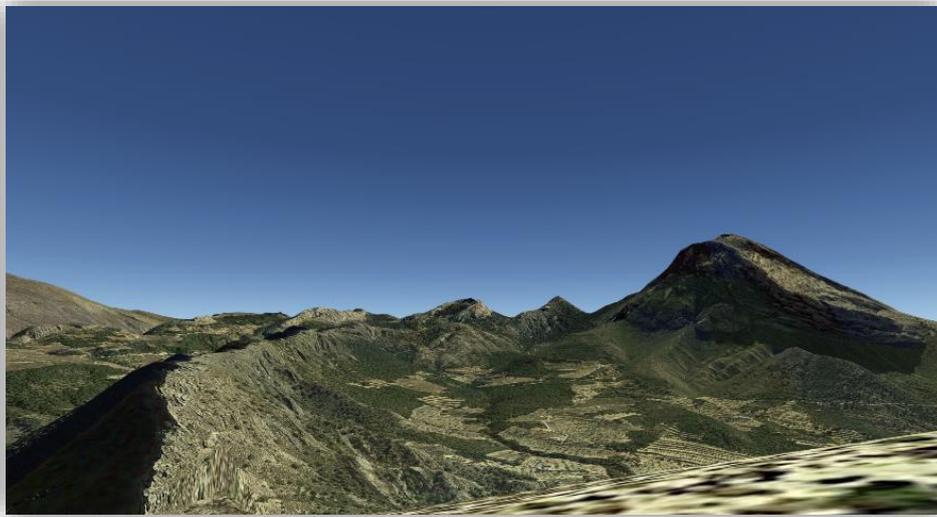
## Ejemplo de ejercicio 1

**Título:** Identificación del punto de vista en un plano topográfico.

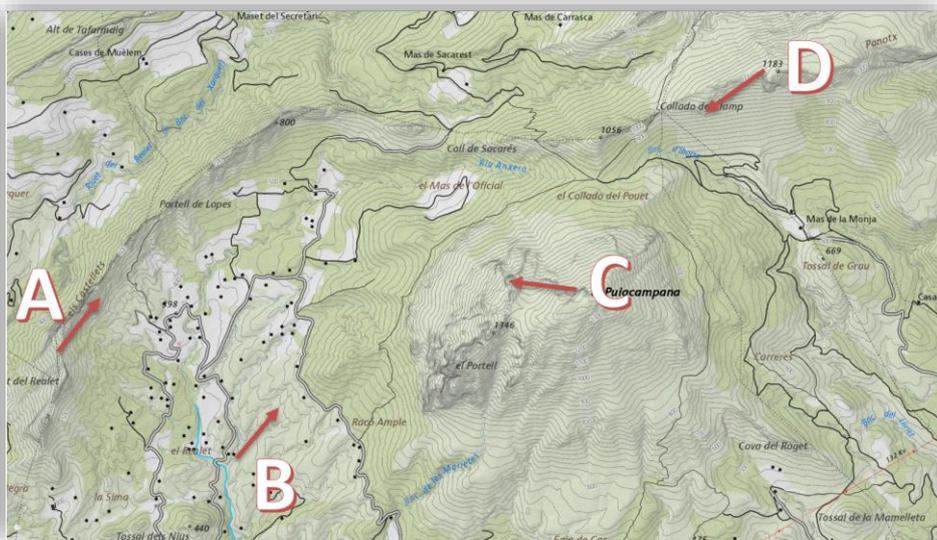
**Descripción:** Imagine que está en la cima de una montaña y ve el paisaje presentado en la imagen. Debe identificar cuál es su posición en el plano topográfico adjunto. Seleccione la letra que identifica dónde cree que se encuentra.

**Archivos digitales:**

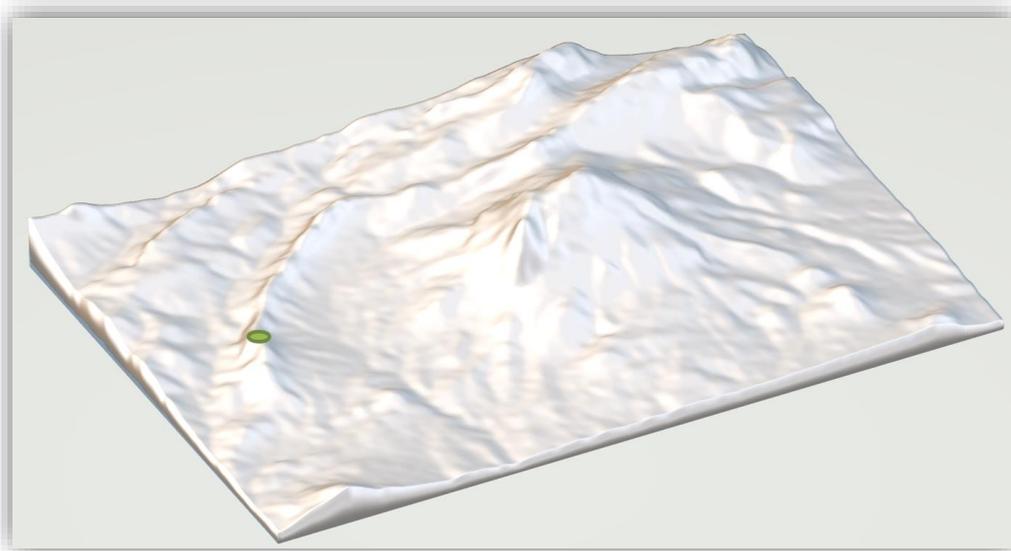
IO5-11-a.png: Archivo de imagen correspondiente al paisaje desde el punto de vista.



IO5-11-b.png: Archivo de imagen correspondiente al plano topográfico.



IO5-11-c.fbx: Modelo digital de elevación correspondiente al área cubierta por el plano topográfico. La marca verde representa la solución del ejercicio



**Resultado:** La respuesta correcta es A. Esta ubicación está representada por la marca verde en el modelo digital 3D.

**Contenido de realidad aumentada:** Un modelo 3D del terreno con la solución del ejercicio.

**Conocimientos previos:** Lectura de planos topográficos.

## Ejemplo de ejercicio 2

**Título:** La casa Farnsworth

**Descripción:** La casa Farnsworth, diseñada y construida entre 1946 y 1951 por el arquitecto Mies van der Rohe, es reconocida como una obra maestra de la arquitectura. Se encuentra en Plano, Illinois, a 58 millas al suroeste de Chicago. Cree un modelo estructural 3D del edificio utilizando los planos del edificio que están disponibles gratuitamente en la Biblioteca del Congreso de los Estados Unidos en: <https://www.loc.gov/resource/hhh.il0323.sheet>

**Archivos digitales:**

IO5-20-a.png: Imagen del edificio por Grigas, V.(Fotógrafo, 2013)



IO5-20-b.fbx: modelo 3D de la estructura



**Resultado:** Un modelo 3D de la estructura del edificio.

**Contenido de realidad aumentada:** El resultado del ejercicio (modelo 3D de la estructura).

**Conocimientos previos:** Interpretación de planos arquitectónicos y modelado 3D.

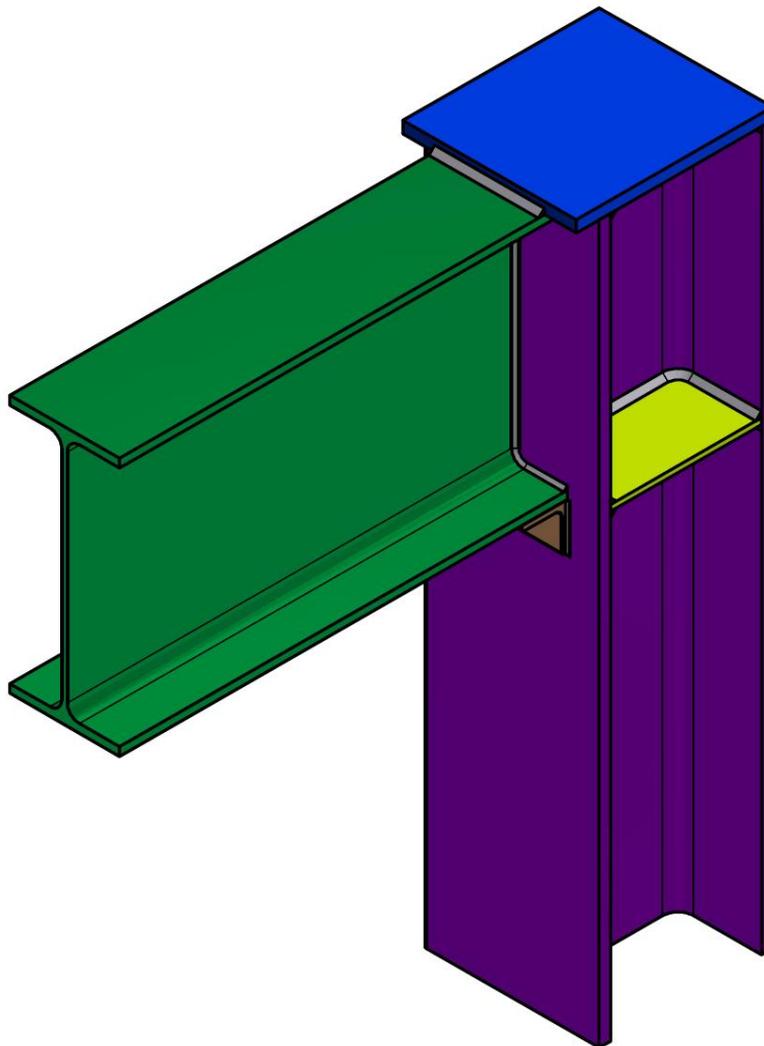
### Ejemplo de ejercicio 3

**Título:** Construcciones metálicas. Unión semirrígida de una viga IPE con una columna HEB en el último piso.

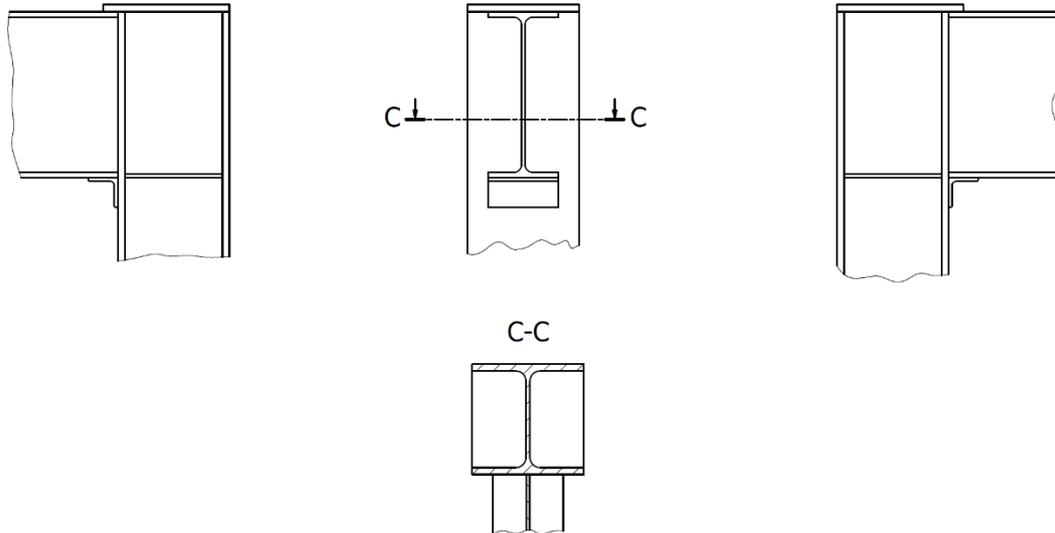
**Descripción:** Utilizando como entrada un modelo 3D de la unión, agregue los símbolos de soldadura a las vistas del plano que representa la unión. Considere un espesor de garganta efectivo de 10 mm para todas las soldaduras (solo se utilizan soldaduras en ángulo). Todas las soldaduras se realizan en campo excepto las correspondientes al soporte angular.

**Archivos digitales:**

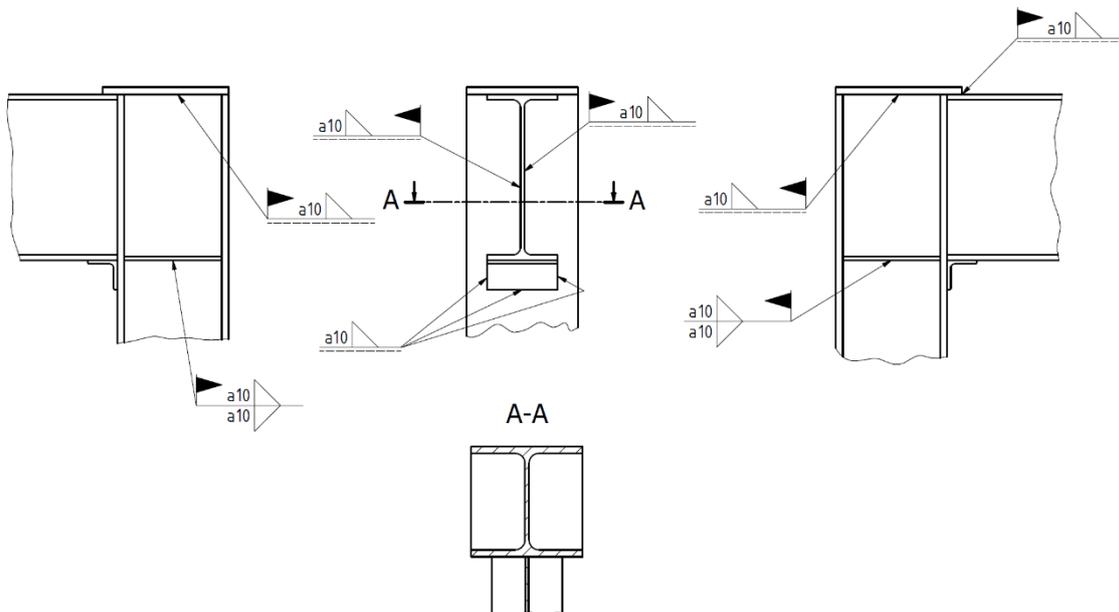
IO5-07-a.fbx: modelo 3D de la unión.



IO5-07-b.png: Plano de la unión.



IO5-07-c.png: Plano con la solución



**Resultado:** La respuesta se presenta en IO5-07-c.png.

**Contenido de realidad aumentada:** Un modelo 3D de la unión.

**Conocimientos previos:** Anotaciones de soldadura en dibujos técnicos.

## Apéndice 2. Guía práctica para el uso de la plataforma SPACAR y su aplicación móvil

## A2.1 Descripción de la plataforma

El proyecto SPACAR ha desarrollado una plataforma web para la gestión de los cursos por parte de los profesores y socios del proyecto. El contenido de los cursos está destinado a ser utilizado a través de una aplicación para teléfonos móviles, donde se pueden visualizar diferentes tipos de archivos. Los modelos 3D se pueden visualizar en realidad aumentada. En algunos casos, estos modelos 3D se utilizan como entrada para los ejercicios. En otros casos, se utilizan para presentar la solución del problema. La plataforma Web está disponible en: <https://admin-spac-ar.azurewebsites.net>

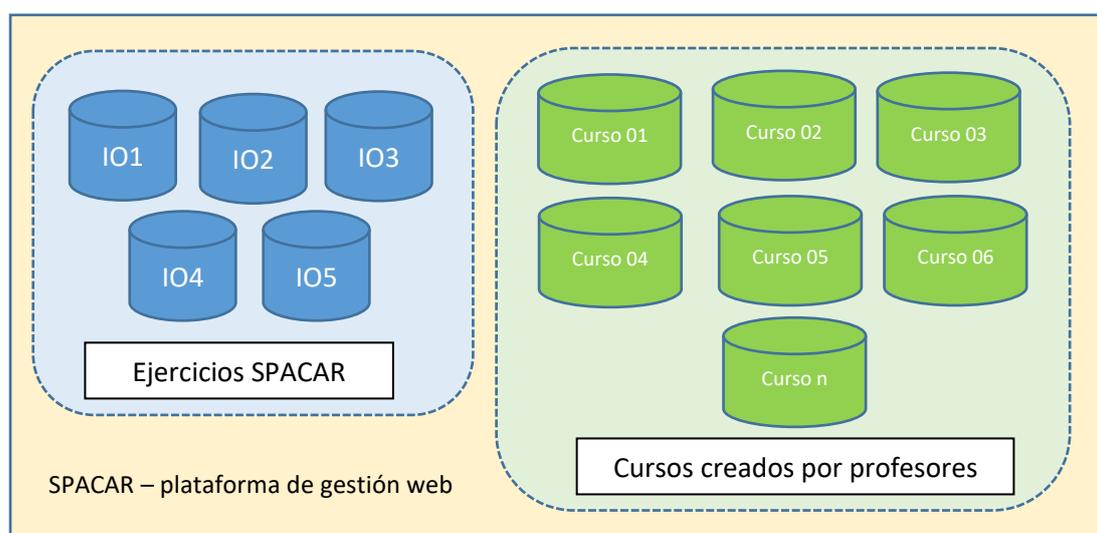


Figura 11. Gestión de cursos en plataforma web<sup>10</sup>

Los resultados intelectuales (IOs) del proyecto SPACAR proporcionan una colección de ejercicios que se organizan en cinco grupos:

- IO1: Corte de sólidos con planos.
- IO2: Intersecciones de superficies.
- IO3: Proyecciones ortográficas.
- IO4: Construcción de elementos de piezas de máquina.
- IO5: Dibujo arquitectónico y de construcción.

La plataforma web SPACAR (la pantalla de inicio de sesión se presenta en la Figura 12) proporciona a los profesores con los derechos administrativos adecuados la posibilidad de crear sus propios cursos. Un curso es una colección de ejercicios. Estos ejercicios se pueden copiar de los IOs desarrollados por los socios de SPACAR. También se pueden crear desde cero si los profesores quieren ampliarlos para una mejor adaptación a sus objetivos de aprendizaje del curso. Figura 12. Pantalla de inicio de sesión<sup>11</sup> El idioma de la interfaz de la plataforma Web se puede seleccionar utilizando el icono que aparece en la parte superior derecha de la pantalla (presentado en la Figura 13) que despliega el menú que se muestra a la derecha de la Figura 12. Figura 13. Cursos en la plataforma<sup>12</sup> Figura 12. Pantalla de inicio de sesión<sup>11</sup>

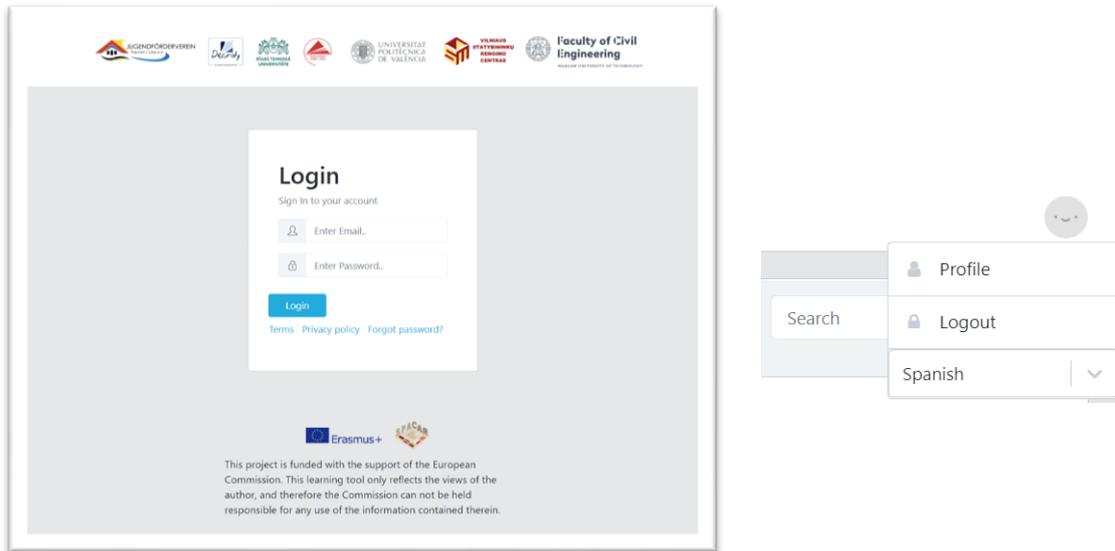


Figura 12. Pantalla de inicio de sesión11 y menú para la selección de idioma

## A2.2 Gestión del curso

Para la gestión del curso la funcionalidad disponible es:

- Para ver todos los cursos, presione la pestaña "Courses" en la pestaña superior (Figura 13). Aquellos cursos correspondientes a los resultados intelectuales originales desarrollados en el proyecto aparecen con el símbolo Figura 13. Cursos en la plataforma12 ✓

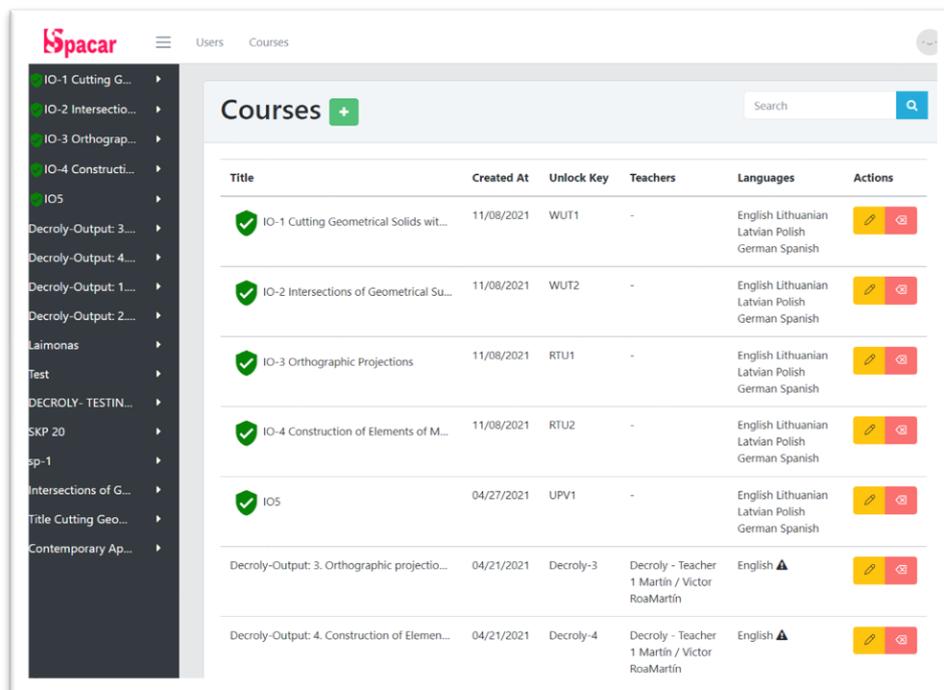
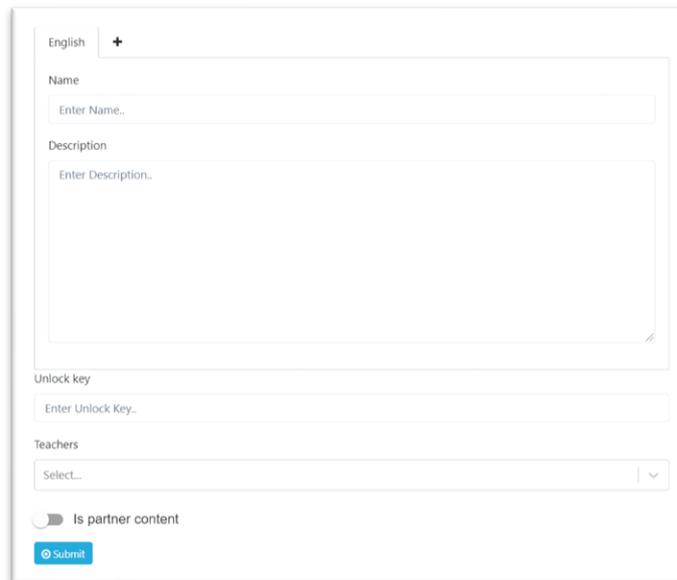


Figura 13. Cursos en la plataforma12

Courses +

- Para crear un nuevo curso, pulse el botón + verde. Rellene los campos obligatorios y pulse "Submit" (Figura 14). Para agregar un nuevo idioma, presione el signo + (más) y seleccione el idioma. El nombre y la descripción son diferentes para cada idioma, la clave de desbloqueo y los profesores son los mismos para todo el curso.



English +

Name  
Enter Name..

Description  
Enter Description..

Unlock key  
Enter Unlock Key..

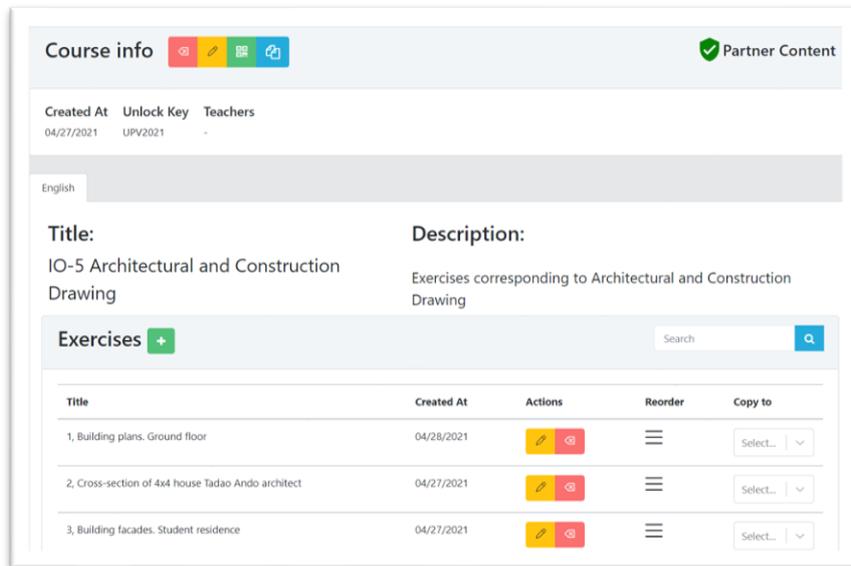
Teachers  
Select..

Is partner content

Submit

Figura 14. Datos para la creación de cursos13

- Para editar la información del curso, haga clic en su fila de la lista para ver la pantalla Información del curso. A continuación, pulse el botón naranja con un icono de lápiz (Figura 15). Edite los campos y pulse "Submit". Para quitar un idioma del curso, presione el signo x (cruz) en la pestaña Idioma (Figura 16)Figura 15. Edición de los datos del curso14Figura 16. Edición de los datos del curso (II)15



**Course info** Partner Content

Created At: 04/27/2021 | Unlock Key: UPV2021 | Teachers: -

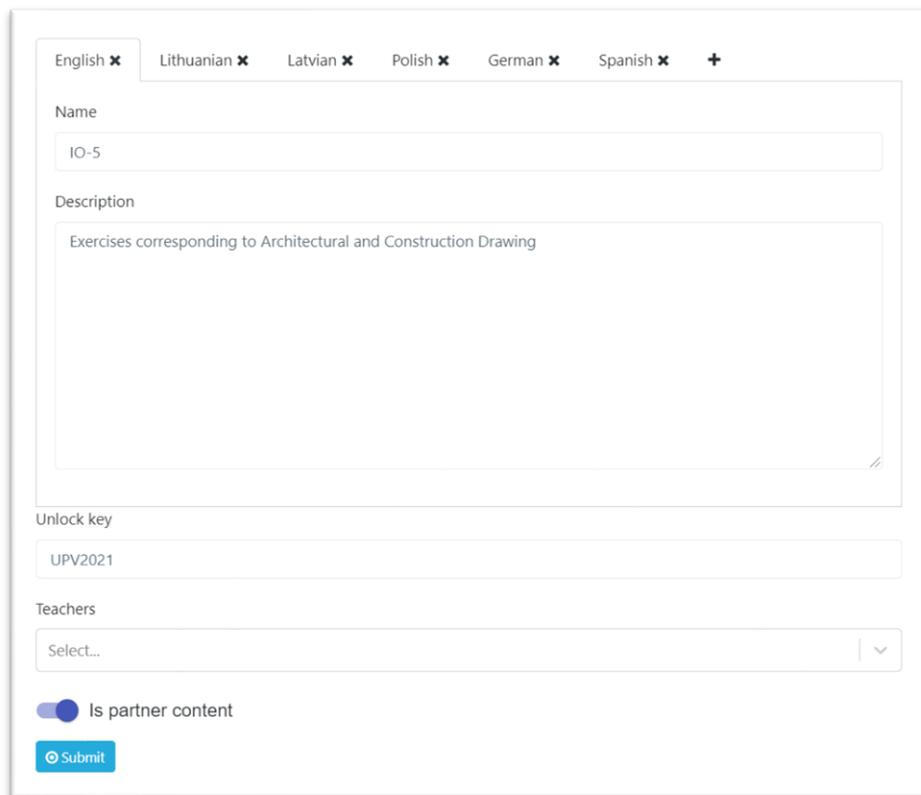
English

**Title:** IO-5 Architectural and Construction Drawing  
**Description:** Exercises corresponding to Architectural and Construction Drawing

**Exercises** +

Title	Created At	Actions	Reorder	Copy to
1, Building plans. Ground floor	04/28/2021	 		Select... 
2, Cross-section of 4x4 house Tadao Ando architect	04/27/2021	 		Select... 
3, Building facades. Student residence	04/27/2021	 		Select... 

Figura 15. Edición de los datos del curso14



English  Lithuanian  Latvian  Polish  German  Spanish  +

**Name**

**Description**

**Unlock key**

**Teachers**

Is partner content

Figura 16. Edición de los datos del curso (II)15

- Para eliminar el curso, pulse el botón rojo (Figura 15).Figura 15. Edición de los datos del curso14

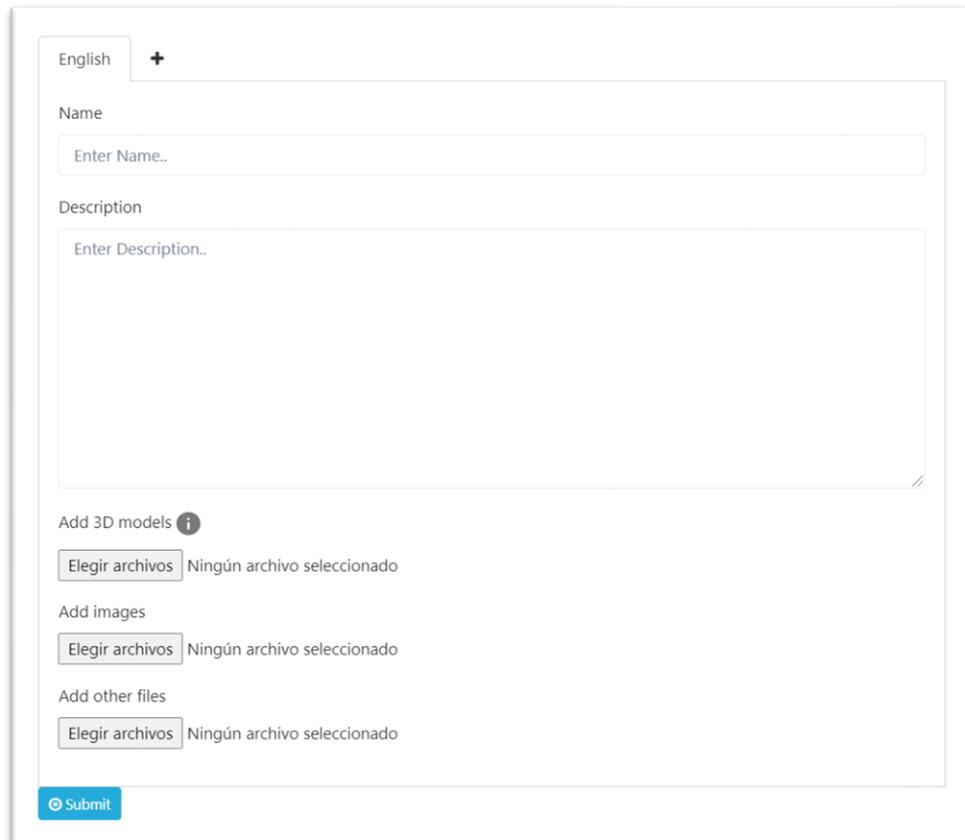
- Para imprimir el código QR que se utilizará para visualizar el contenido de realidad aumentada utilizando la aplicación móvil SPACAR, haga clic en el icono verde  junto al área "Course Info" en la parte superior de la ventana (Figura 15) Figura 15. Edición de los datos del curso14
- Para abrir la ventana del curso, pulse una fila en la tabla de cursos o en la barra lateral (Figura 17).Figura 17. Parte de la barra lateral izquierda16



Figura 17. Parte de la barra lateral izquierda16

### A2.3 Gestión de ejercicios

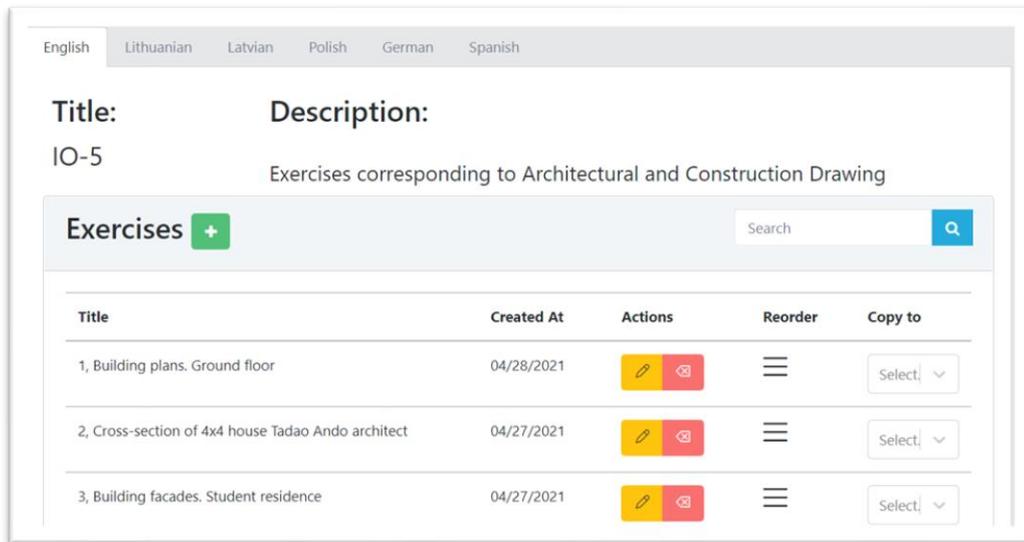
- Para ver los ejercicios del curso, pulse en una fila del curso en la tabla de cursos o en la barra lateral.
- Para crear un nuevo ejercicio, pulse el botón verde con signo + (más) . Rellene los campos obligatorios y pulse "Submit" (Figura 18) Figura 9). Si el curso tiene más idiomas, agregue un nuevo idioma de ejercicio presionando el signo + (más) y seleccionando el idioma. Figura 18. Definición del ejercicio17



The screenshot shows a web form for defining an exercise. At the top left, there is a language selector with 'English' and a plus sign. Below this are three input fields: 'Name' with a placeholder 'Enter Name..', 'Description' with a placeholder 'Enter Description..', and a 'Submit' button at the bottom left. Under the description field, there are three sections for adding content: 'Add 3D models' with an information icon and a button 'Elegir archivos' followed by 'Ningún archivo seleccionado'; 'Add images' with a button 'Elegir archivos' followed by 'Ningún archivo seleccionado'; and 'Add other files' with a button 'Elegir archivos' followed by 'Ningún archivo seleccionado'.

Figura 18. Definición del ejercicio17

- Para editar la información del ejercicio, presione el botón naranja con un icono de lápiz en la columna "Actions" (Figura 19). Edite los campos y pulse "Submit" (Figura 20). Para eliminar un idioma del ejercicio, presione el signo x (cruz) en la pestaña idioma. Figura 19. Edición de la información del ejercicio18 Figura 20. Descripción de un ejercicio19



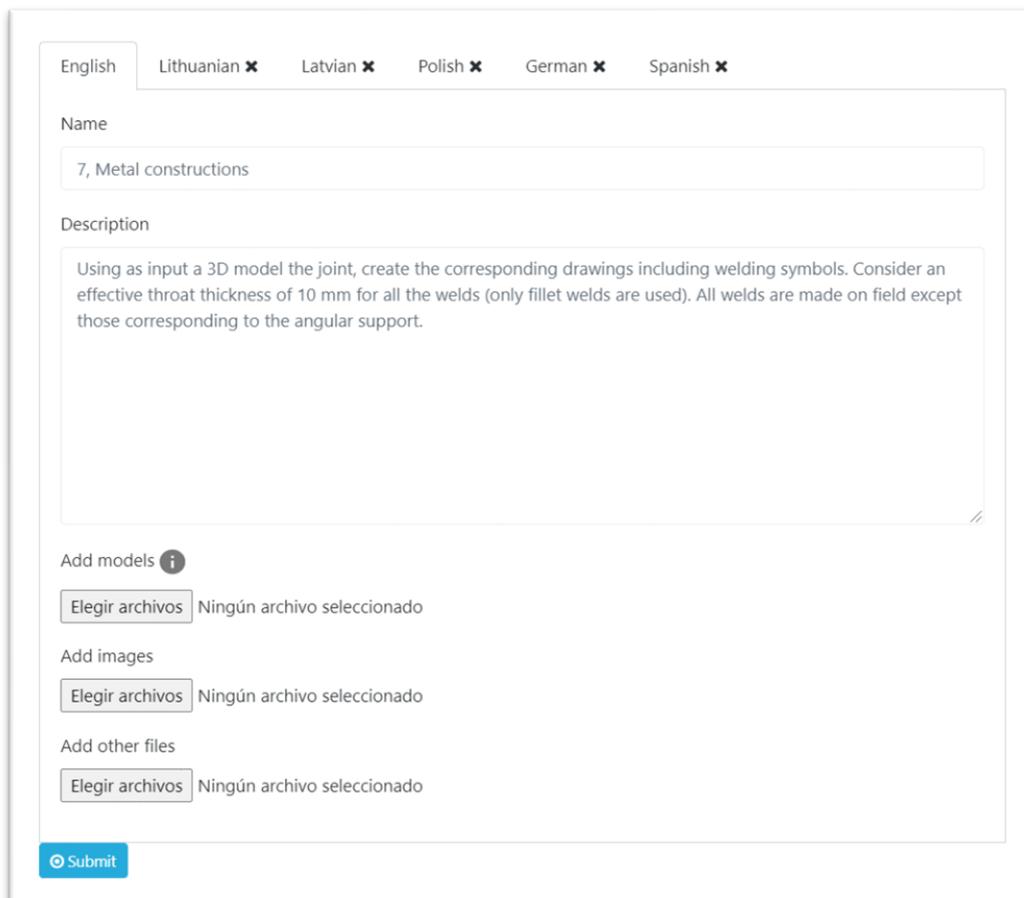
English | Lithuanian | Latvian | Polish | German | Spanish

**Title:** IO-5  
**Description:** Exercises corresponding to Architectural and Construction Drawing

**Exercises** +

Title	Created At	Actions	Reorder	Copy to
1, Building plans. Ground floor	04/28/2021	 		Select 
2, Cross-section of 4x4 house Tadao Ando architect	04/27/2021	 		Select 
3, Building facades. Student residence	04/27/2021	 		Select 

Figura 19. Edición de la información del ejercicio18



English | Lithuanian ✕ | Latvian ✕ | Polish ✕ | German ✕ | Spanish ✕

**Name**

**Description**

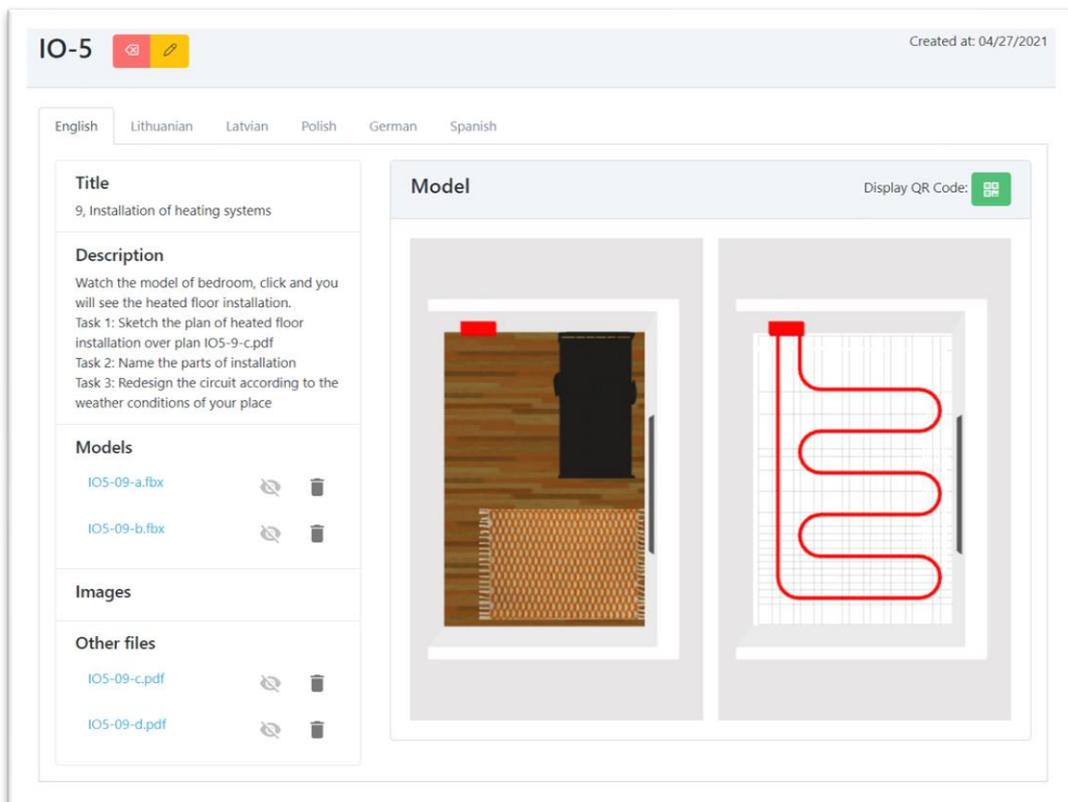
**Add models** ⓘ  
 Ningún archivo seleccionado

**Add images**  
 Ningún archivo seleccionado

**Add other files**  
 Ningún archivo seleccionado

Figura 20. Descripción de un ejercicio19

- Para eliminar el ejercicio, presione el botón rojo en la columna "Action" (Figura 19).Figura 19. Edición de la información del ejercicio18
- Para copiar todos los ejercicios a otro curso, pulse el botón azul  y seleccione el curso al que desea copiar los ejercicios (Figura 15) Figura 15. Edición de los datos del curso14
- Para copiar un ejercicio a otro curso, presione la selección en la columna "Action" y seleccione el curso al que desea copiar ejercicios (Figura 19).Figura 19. Edición de la información del ejercicio18
- Para reordenar los ejercicios, mantenga presionado el símbolo  de la fila del ejercicio a mover en la columna "Reorder" y arrastre hasta el lugar deseado.
- Para abrir la ventana de ejercicios, haga clic en la fila de ejercicios en la tabla de ejercicios o en la barra lateral (Figura 19).Figura 19. Edición de la información del ejercicio18
- Para activar la visualización de un archivo vinculado al ejercicio utilice el icono del ojo (Figura 21). El usuario de la aplicación móvil tendrá que actualizar el contenido de su curso.Figura 21 Control de archivos adjuntos en ejercicio20
- Para eliminar un archivo vinculado al ejercicio, utilice el icono de la papelera (Figura 21).Figura 21 Control de archivos adjuntos en ejercicio20



IO-5   Created at: 04/27/2021

English Lithuanian Latvian Polish German Spanish

**Title**  
9, Installation of heating systems

**Description**  
Watch the model of bedroom, click and you will see the heated floor installation.  
Task 1: Sketch the plan of heated floor installation over plan IO5-9-c.pdf  
Task 2: Name the parts of installation  
Task 3: Redesign the circuit according to the weather conditions of your place

**Models**

- IO5-09-a.fbx  
- IO5-09-b.fbx  

**Images**

**Other files**

- IO5-09-c.pdf  
- IO5-09-d.pdf  

**Model** Display QR Code: 

The 'Model' section contains two images: a 3D rendering of a room with a heated floor and a 2D diagram of the heating circuit layout.

Figura 21 Control de archivos adjuntos en ejercicio20

## A2.4 Gestión de usuarios

Solo los usuarios con privilegios administrativos pueden realizar las siguientes acciones.

- Para ver todos los usuarios registrados, presione la pestaña "Users" en el menú de la pestaña superiorFigura 22. Pestaña Usuarios21



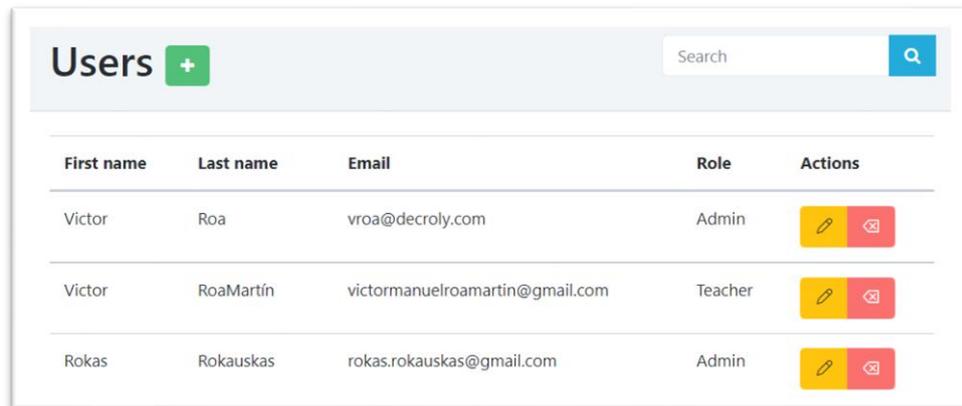
Figura 22. Pestaña Usuarios21

- Para crear un nuevo usuario, pulse el botón verde con signo + (más)  Rellene los campos obligatorios y pulse "Submit" (Figura 23). Figura 23. Ventana para la definición de usuario22



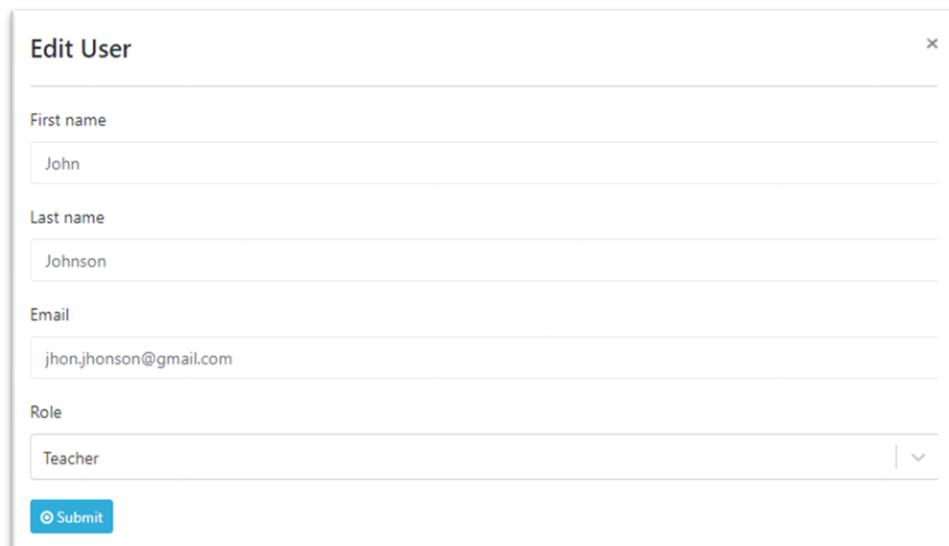
Figura 23. Ventana para la definición de usuario22

- Para editar la información del usuario, pulse el botón naranja con un icono de lápiz en la columna "Actions" (Figura 24). Edite los campos y pulse "Submit" (Figura 25).Figura 24. Acciones en los usuarios23Figura 25. Edición de los datos del usuario24



First name	Last name	Email	Role	Actions
Victor	Roa	vroa@decroly.com	Admin	 
Victor	RoaMartín	victormanuelroamartin@gmail.com	Teacher	 
Rokas	Rokauskas	rokas.rokauskas@gmail.com	Admin	 

Figura 24. Acciones en los usuarios23



**Edit User** [X]

First name  
John

Last name  
Johnson

Email  
jhon.jhonson@gmail.com

Role  
Teacher

Figura 25. Edición de los datos del usuario24

- Para eliminar un usuario, pulse el botón rojo de la columna "Actions" (Figura 24).Figura 24. Acciones en los usuarios23

## A2.5 Tipos de usuario

La plataforma admite tres tipos de usuarios como se detalla en la Tabla 6. Tienen diferentes niveles de permisos para las tareas soportadas por la plataforma. Tabla 6. Tipos de usuarios y sus permisos

Tabla 6. Tipos de usuarios y sus permisos

	Admin	Profesor	Estudiante
Crear, editar, eliminar otros usuarios	✓	✗	✗
Ver usuarios registrados	✓	✓ (solo sus estudiantes)	✗
Crear, editar, eliminar cursos	✓	✓ (solo asignado)	✗
Crear, editar, eliminar ejercicios	✓	✓	✗
Ver cursos y ejercicios	✓	✓ (solo asignado)	✓ (solo desbloqueado)
Cambiar el idioma predeterminado	✓	✗	✗
Copiar ejercicios	✓	✓	✗
Desbloquear cursos	✗	✗	✓
Ver modelos 3D en Realidad Aumentada	✗	✗	✓
Ver la galería de imágenes del ejercicio	✗	✗	✓

## A2.6 Aplicación móvil



La app SPACAR es el elemento para acceder al contenido de los cursos desarrollados para los alumnos. En la pantalla inicial (Figura 26) si el estudiante no está registrado en el sistema, haciendo clic en la palabra "Register", puede proporcionar el correo electrónico y la contraseña para crear un nuevo usuario en el sistema. La contraseña debe tener al menos 8 caracteres y contener al menos un carácter en mayúsculas, un carácter en minúsculas y un número o símbolo.

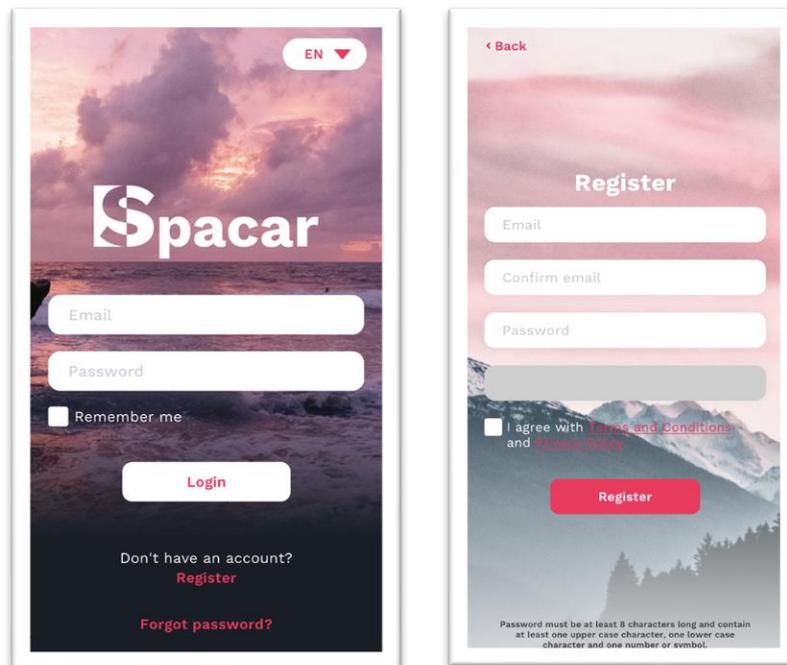


Figura 26. Pantalla inicial y formulario de inscripción

En el caso de olvidar la contraseña, esta se puede recuperar haciendo clic en "Forgot password" para abrir la pantalla de recuperación de contraseña (Figura 27).  
Recuperación de contraseña

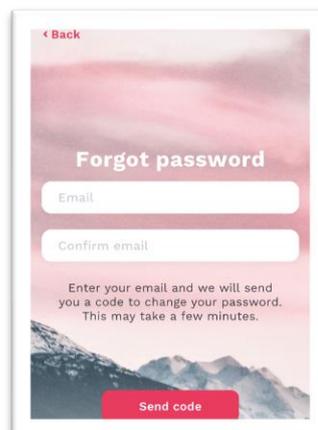


Figura 27. Recuperación de contraseña26

Respecto a la funcionalidad principal de la app los aspectos más importantes son:

- Para cambiar el idioma mostrado, presione el botón en la esquina superior derecha de la pantalla de inicio de sesión o la pantalla de preferencias y seleccione el idioma (Figura 28).



Figura 28. Selección de idioma27



Figura 28. Selección de idioma27

- Para desbloquear un curso, presione el botón más, escriba la tecla y presione



"Unlock" (Figura 29). Figura 29. Desbloqueo de un curso28

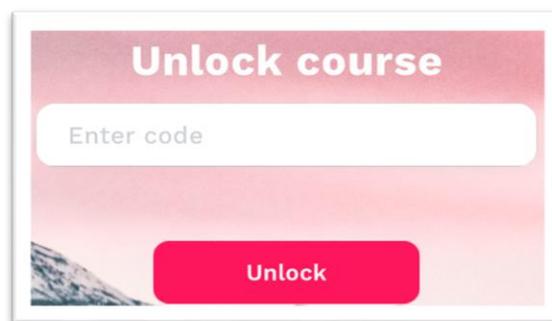


Figura 29. Desbloqueo de un curso28

- Para abrir un curso, presione el botón con el título del curso deseado. Estos botones se agregan cuando se desbloquean los cursos (Figura 30).  
Figura 30. Abrir un curso29



Figura 30. Abrir un curso29

- Para eliminar el curso, presione el botón **X Remove course** en la parte inferior de un curso y seleccione "Remove" (Figura 31).  
Figura 31. Eliminación de un curso30

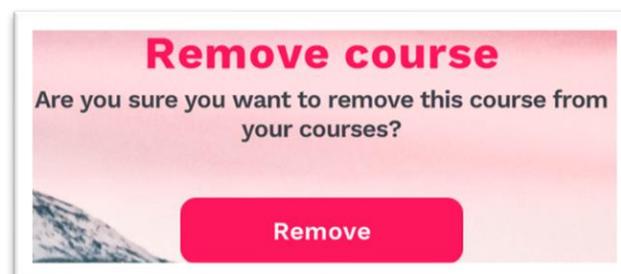


Figura 31. Eliminación de un curso30

- Para abrir un ejercicio, presione el botón con el título del ejercicio deseado (Figura 32). Para ver una imagen en la galería del ejercicio, presione uno de los botones que muestran unaFigura 32. Selección de ejercicios (izquierda) y galería de imágenes de un ejercicio (derecha)31 imagen.

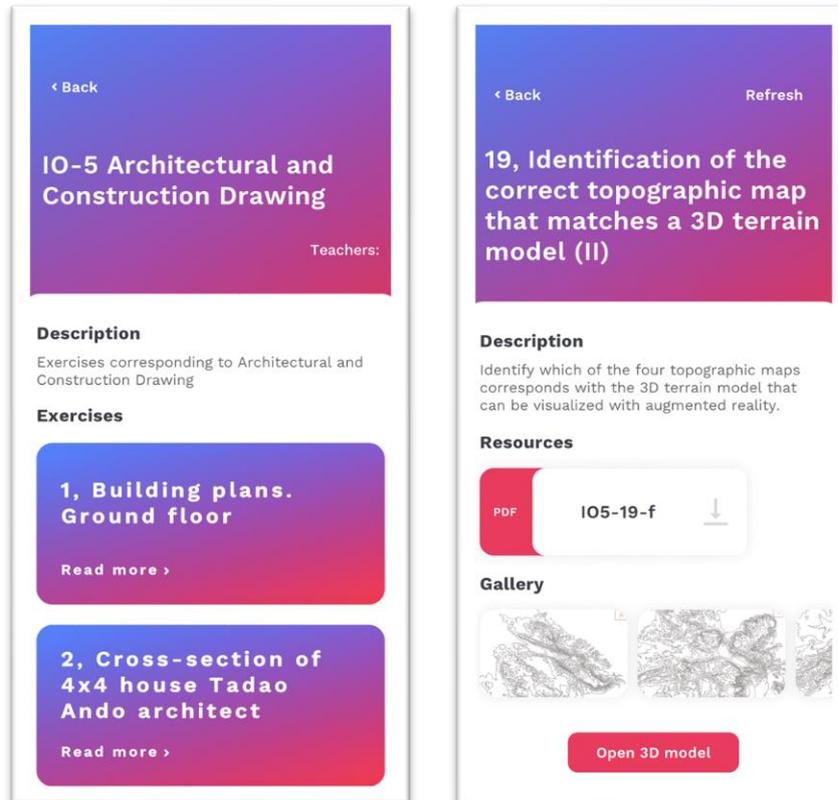


Figura 32. Selección de ejercicios (izquierda) y galería de imágenes de un ejercicio (derecha)31

- Para descargar un archivo que no es una imagen o un modelo 3D (se enumeran como recursos), presione el título del archivo (Figura 17).

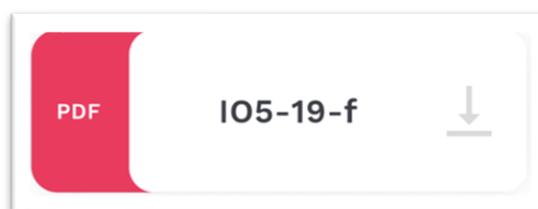


Figura 33. Archivo de recursos32

- Para ver una imagen en la galería del ejercicio, presione uno de los botones que muestran una imagen (FiguraFigura 34. Galería33)

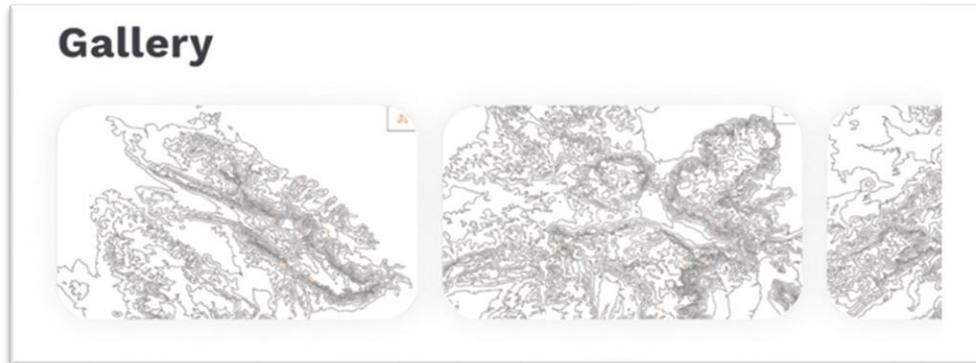


Figura 34. Galería33

- Para ver el modelo 3D, presione el botón "Open 3D model" . El modelo 3D se carga y se puede girar y ampliar con los dedos (Figura 35. Ejemplo de visualización 3D34)

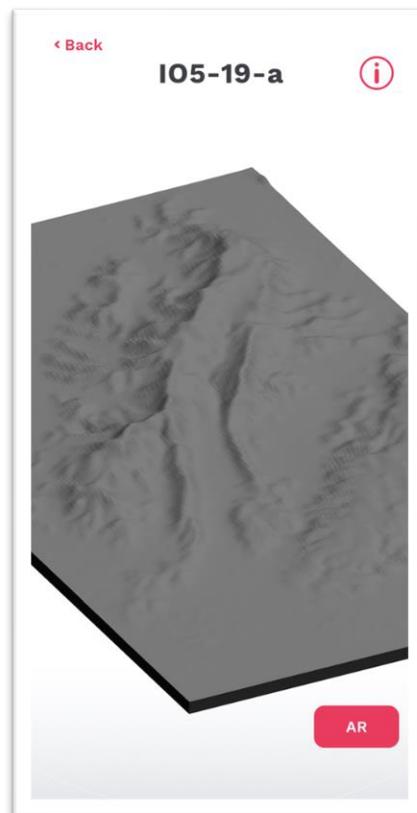


Figura 35. Ejemplo de visualización 3D34

- Para ver el modelo 3D en realidad aumentada, pulse el botón "AR"



Figura 36. Visualización de realidad aumentada<sup>35</sup>

Para utilizar la visualización de realidad aumentada, se debe imprimir un código QR (presentado en la Figura 37). La cámara del teléfono móvil debe ser capaz de ver el código QR completo para funcionar con éxito. Figura 37. Código QR para todos los cursos<sup>36</sup>



Figura 37. Código QR para todos los cursos<sup>36</sup>

## A2.7 Preparación de modelos 3D

A veces, los modelos 3D se ven mal y su sombreado parece incorrecto. Este tutorial rápido ayudará a solucionar este problema utilizando la aplicación de código abierto **blender** que se puede descargar desde <https://www.blender.org>.

En la Figura 38 se presentan algunos ejemplos de modelos antes y después de arreglarlos. Figura 38. Piezas de ejemplo para el tutorial.37

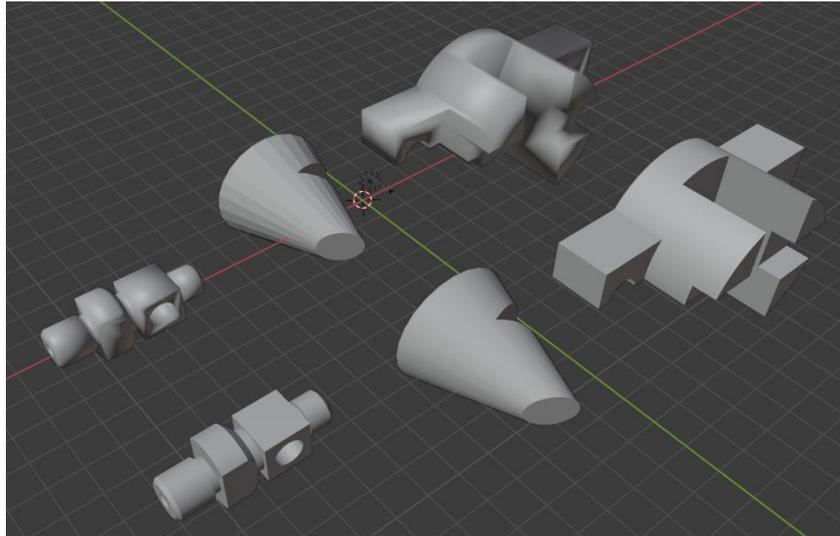


Figura 38. Piezas de ejemplo para el tutorial.37

1.- En primer lugar, importe el modelo en su escena de blender (File -> Import -> seleccione el formato del modelo -> seleccione el modelo) (Figura 39. Importación de un archivo en blender38).

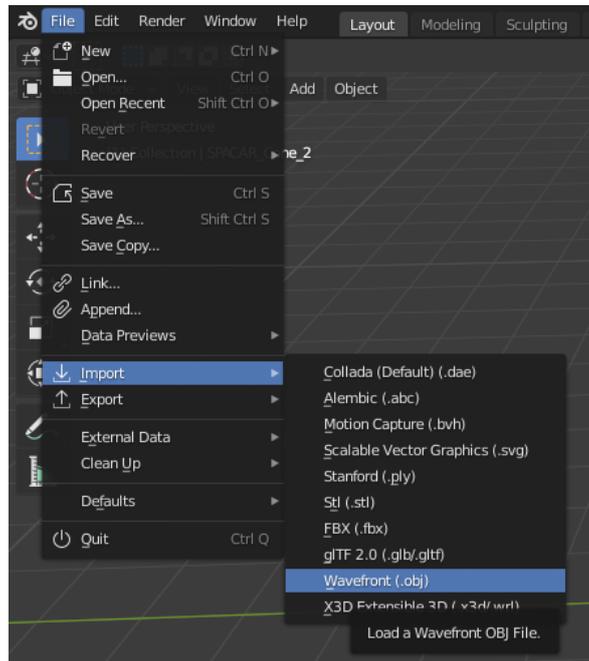


Figura 39. Importación de un archivo en blender38

2.- Pulsa el botón izquierdo del ratón sobre el modelo.

3.- Si es demasiado grande, presione "n" en el teclado y cambie las dimensiones en el panel "Transform" recién mostrado (Figura 40. Panel Transformar en blender39).

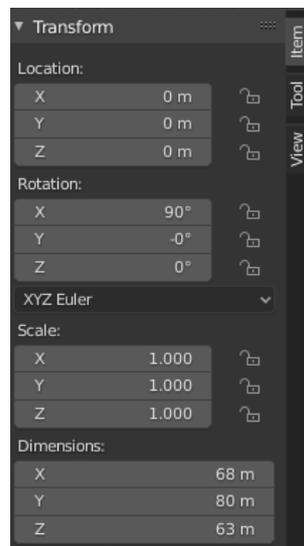


Figura 40. Panel Transformar en blender39

4.- Pulse el botón "Object Data Properties" (triángulo verde), expanda la pestaña "Normals" y seleccione "Auto Smooth"Figura 41. Propiedades de datos de objeto en blender40

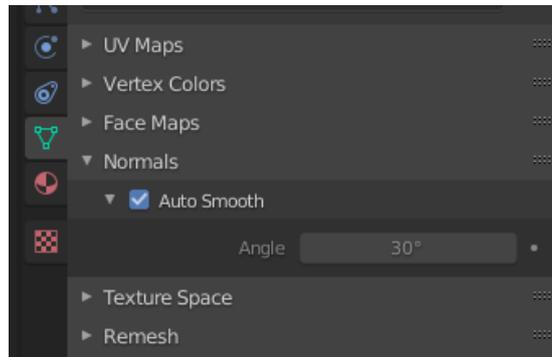


Figura 41. Propiedades de datos de objeto en blender40

5.- Si "Auto Smooth" ya está seleccionado y aún necesita suavizado, anule la selección de "Auto Smooth" y presione "Tabulador" en su teclado o seleccione "Edit mode" en el menú superior Figura 42. Elegir el modo de edición en blender41

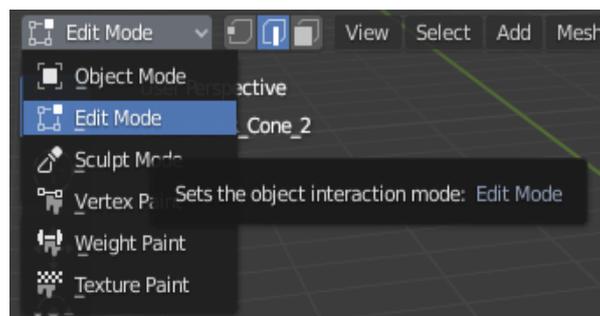


Figura 42. Elegir el modo de edición en blender41

6.- Luego presione 2 en su teclado (encima de las letras, no en el teclado numérico) o seleccione la opción central "Edge Select" . Asegúrese de que "Select Box" esté seleccionado



en el panel lateral.

7.- A continuación, seleccione las aristas del modelo con el ratón dibujando un cuadro de selección alrededor de ellas (o selecciónelos una por una) (Figura 43. Selección de bordes42).

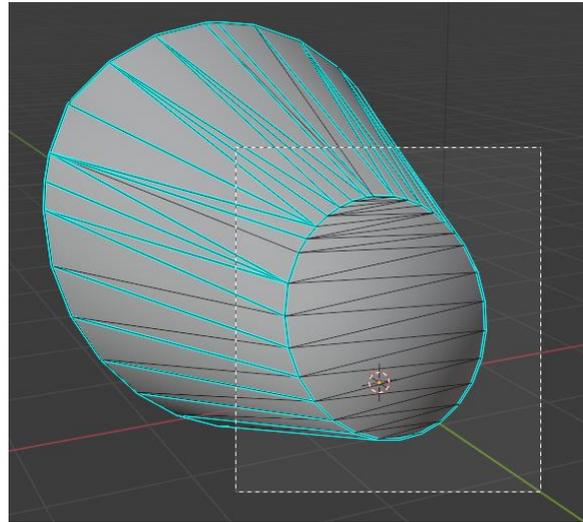


Figura 43. Selección de bordes42

8.-Asegúrese de que sólo se seleccionan las aristas de la cara plana (Figura 44. Aristas seleccionadas43).

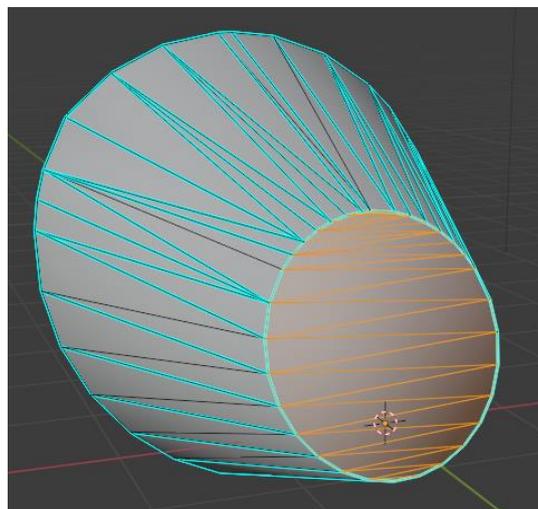


Figura 44. Aristas seleccionadas43

9.- Una vez seleccionados los bordes, pulse el botón derecho del ratón, y seleccione "Edge Split" (Figura 45. Comando "Edge split"44).

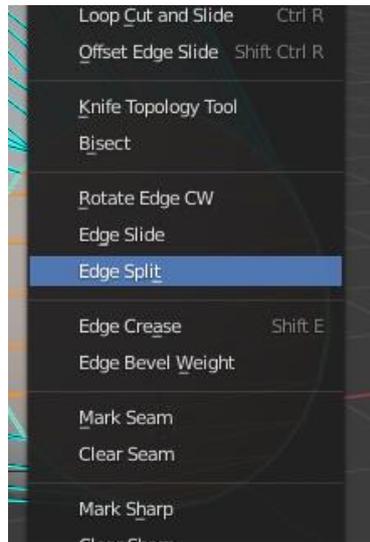


Figura 45. Comando “Edge split”44

10.- Repita los pasos 7 – 9 para cada cara plana del modelo (Figura 46. Modelo corregido45).

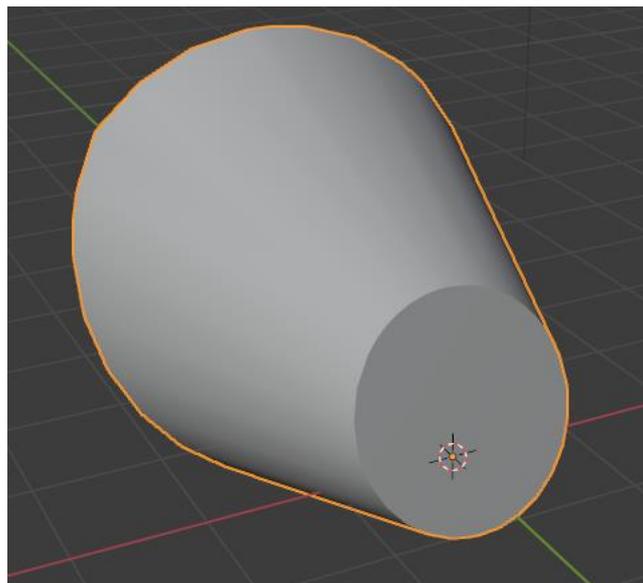


Figura 46. Modelo corregido45

