

**Electk[AR]**, aplicació per al aprendizaje de circuits elèctrics bàsics i els seus components mitjançant realitat augmentada (RA).



**Vicente José Safont López**

Grau en Enginyeria de Tecnologies i Serveis de Telecomunicació  
*Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación*  
Aplicacions multimèdia de nova generació  
*Aplicaciones multimedia de nueva generación*

**David García Solórzano**

5 de enero de 2022



Esta obra está sujeta a una licencia de [Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 España de Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/)

## **Dedicatoria**

A mi mujer y a mis hijos por ser mi mayor motivación y haberme apoyado siempre para seguir adelante en los momentos difíciles y hacer realidad este proyecto. Siempre sois mi fuente de inspiración.

También se lo dedico a mi padre y a mi tío con los que me hubiese gustado compartir el final de esta aventura.

## **Agradecimientos**

A mi familia y amistades por su apoyo incondicional durante estos años de estudio.

No puedo dejar de nombrar a mi tutor a quien agradezco todos sus buenos consejos y la ayuda que me ha proporcionado para incentivar mi curiosidad y mejorar constantemente este proyecto.

*“Nunca consideres el estudio como una obligación,  
sino como una oportunidad para penetrar en el bello  
y maravilloso mundo del saber”*

Albert Einstein



## FICHA DEL TRABAJO FINAL

<b>Título del trabajo:</b>	<i>Eleckt[AR], aplicación para el aprendizaje de circuitos eléctricos básicos y sus componentes mediante realidad aumentada (RA)</i>
<b>Nombre del autor:</b>	<i>Vicente José Safont López</i>
<b>Nombre del consultor/a:</b>	<i>David García Solórzano</i>
<b>Nombre del PRA:</b>	<i>David García Solórzano</i>
<b>Fecha de entrega (mm/aaaa):</b>	<i>01/2022</i>
<b>Titulación o programa:</b>	<i>Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación</i>
<b>Área del Trabajo Final:</b>	<i>Aplicaciones multimedia de nueva generación</i>
<b>Idioma del trabajo:</b>	<i>Castellano</i>
<b>Palabras clave:</b>	<i>circuitos eléctricos, realidad aumentada, aprendizaje autorregulado, gamificación y Android</i>
<b>Keywords:</b>	<i>electrical circuits, augmented reality, self-regulated learning, gamification and Android</i>

**Resumen del trabajo (máximo 250 palabras):** *Con la finalidad, contexto de aplicación, metodología, resultados y conclusiones del trabajo.*

Una de las tecnologías que en los últimos años ha aumentado su uso progresivamente y facilitado el desarrollo de materiales educativos es la **Realidad Aumentada (RA)**. Su utilización en el aula por el profesorado y el alumnado enriquece las experiencias de ambos y mejora el proceso de enseñanza-aprendizaje a través de la gamificación, haciéndolo cercano y cooperativo. Gracias a la RA a través de la pantalla de, por ejemplo, un *smartphone* se mezclan imágenes reales, capturadas con una cámara, con objetos virtuales (modelos tridimensionales) con los que interactuar en tiempo real.

Teniendo en cuenta lo indicado, el **objetivo principal** de este proyecto es **integrar la RA con una unidad didáctica de la asignatura de Tecnología** de 1º de Educación Secundaria Obligatoria. Para ello se desarrollará, siguiendo una metodología de desarrollo en cascada, una aplicación móvil para el sistema operativo Android, capaz de reconocer una serie de marcadores (RA de nivel 1) y objetos escaneados en 3D, una *protoboard*, (RA de nivel 2 o sin marcadores) que permitirán al alumnado interactuar con circuitos eléctricos básicos y sus componentes.

La RA aporta valor añadido frente a recursos didácticos convencionales o

tradicionales (esquemas, gráficos...). Además, contribuye al desarrollo personal académico y a crear una cultura tecnológica educativa que supone un cambio en la manera de enseñar y aprender.

Como resultado, se ha obtenido una aplicación para Android totalmente funcional, así como una unidad didáctica. Ambos recursos ofrecen una experiencia novedosa en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

**Abstract (in English, 250 words or less):**

In the last few years, Augmented Reality (AR) is one of the technologies which has progressively increased its use and, in addition, it has facilitated the development of educational materials. It is used by teachers and students in classrooms, improving the experience of both and the teaching-learning process through gamification, making it closer and cooperative. For example, thanks to AR on the screen of a smartphone, real images, captured by its camera, are mixed with virtual objects (three-dimensional models) to interact with them in real time.

Keeping this in mind, the main objective of this project is to incorporate AR into a didactic unit of Technology subject in the first year of Compulsory Secondary Education. For this purpose, a mobile application will be developed, following a cascade development methodology, for Android operating system, which it is able to recognize a number of markers (AR level 1) and scanned objects, a protoboard, (AR level 2 or markerless) and it will allow students to interact with basic electrical circuits and their components.

AR, by its three-dimensional models, provides added value compared to conventional or traditional didactic resources (schemes, graphics...). Moreover, it contributes to personal academic development and to creating an educational technological culture that implies a change in the way of teaching and learning.

As a result, a fully functional application for Android has been obtained, as well as a didactic unit. Both resources provide a new learning experience at the teaching-learning process.

# Índice

<a href="#">1. Introducción</a>	1
<a href="#">1.1. Justificación del interés y la relevancia de la propuesta</a>	2
<a href="#">1.2. Objetivos del proyecto</a>	3
<a href="#">1.3. Temporización del proyecto</a>	4
<a href="#">2. Comparativa entre Realidad Aumentada (RA) y Realidad Virtual (RV)</a>	8
<a href="#">3. Nacimiento de la Realidad Aumentada</a>	8
<a href="#">4. Niveles de Realidad Aumentada</a>	13
<a href="#">4.1. Nivel 0: hipervinculando el mundo físico (physical world hyperlinking)</a>	13
<a href="#">4.2. Nivel 1: RA con marcadores (marked based AR)</a>	13
<a href="#">4.3. Nivel 2: RA sin marcadores (markerless AR o AR without markers)</a>	14
<a href="#">4.4. Nivel 3: visión aumentada (augmented vision, AV)</a>	14
<a href="#">5. Realidad Aumentada en el ámbito de la educación</a>	14
<a href="#">5.1. ¿Qué ventajas aporta la RA en educación?</a>	15
<a href="#">5.2. ¿Cómo integrar RA y educación?</a>	17
<a href="#">5.2.1. RA aplicada al aprendizaje de circuitos eléctricos</a>	19
<a href="#">5.3. Retos de usar RA en educación</a>	23
<a href="#">6. Diseño y desarrollo de la aplicación</a>	23
<a href="#">6.1. Metodología</a>	23
<a href="#">6.2. Análisis</a>	25
<a href="#">6.3. Herramientas para creación de contenidos en Realidad Aumentada</a>	27
<a href="#">6.3.1. Unity</a>	27
<a href="#">6.3.2. Vuforia</a>	29
<a href="#">6.4. Diseño de marcadores y de <i>flashcards</i></a>	30
<a href="#">6.4.1. Photoshop/Gimp</a>	34
<a href="#">6.5. Exportación de marcadores a Unity</a>	35
<a href="#">6.6. Diseño de modelos en 3D</a>	37
<a href="#">6.6.1. Blender</a>	37
<a href="#">6.7. Exportación de modelos en 3D de Blender a Unity</a>	39
<a href="#">6.8. Integración de modelo 3D con su marcador (RA de nivel 1)</a>	41
<a href="#">6.9. Escaneado de objetos 3D y exportación a Unity (RA de nivel 2)</a>	44
<a href="#">6.10. Unidad didáctica y aplicación, para <i>smartphone</i>, desarrolladas</a>	47
<a href="#">6.11. Corrección de fallos</a>	49
<a href="#">7. Evaluación del proyecto y de la unidad didáctica</a>	53
<a href="#">8. Conclusiones</a>	56
<a href="#">Glosario</a>	60
<a href="#">Acrónimos y siglas</a>	62

<u>Bibliografía</u> .....	63
<u>Anexos</u> .....	69
- <u>Anexo I - Manual de instalación de Unity y Vuforia</u> .....	70
- <u>Anexo II – Manual de instalación de Blender</u> .....	79
- <u>Anexo III – Manual de instalación y uso de Vuforia Object Scanner</u> <u>Exportar objeto 3D escaneado a Unity</u> .....	82
- <u>Anexo IV - Scripts</u> .....	87
- <u>Anexo V - Manual de instalación y uso de la aplicación</u> .....	93
- <u>Anexo VI - Unidad didáctica</u> .....	95

## Listado de figuras

<a href="#">Figura 1. Continuo de la Virtualidad</a>	1
<a href="#">Figura 2. Diagrama de Gantt de tareas del proyecto, elaboración propia</a>	7
<a href="#">Figura 3. Diagrama de Gantt para la PEC1, elaboración propia</a>	7
<a href="#">Figura 4. Diagrama de Gantt para la PEC2, elaboración propia</a>	7
<a href="#">Figura 5. Diagrama de Gantt para la PEC3, elaboración propia</a>	7
<a href="#">Figura 6. Diagrama de Gantt para la PEC4, elaboración propia</a>	7
<a href="#">Figura 7. Comparativa entre RA y RV</a>	8
<a href="#">Figura 8. Infografía con los hitos más importantes para RA, elaboración propia</a>	9
<a href="#">Figura 9. Sensorama</a>	10
<a href="#">Figura 10. <i>Head-mounted-display</i> o HMD</a>	10
<a href="#">Figura 11. Videoplaza</a>	11
<a href="#">Figura 12. Super Cockpit</a>	11
<a href="#">Figura 13. ARQuake</a>	12
<a href="#">Figura 14. Código de barras (a) y código QR (b)</a>	13
<a href="#">Figura 15. Marcador para motor de circuito eléctrico (a) y marcador activado (b), aplicación electk[AR]</a>	13
<a href="#">Figura 16. RA activada con GPS</a>	14
<a href="#">Figura 17. Operaciones usando AV</a>	14
<a href="#">Figura 18. Infografía ventajas de la RA en educación, elaboración propia</a>	16
<a href="#">Figura 19. Acercar la historia a la actualidad, Historypin de la Torre Eiffel</a>	17
<a href="#">Figura 20. Ejemplo de circuito generado con AR Circuits</a>	20
<a href="#">Figura 21. Ejemplo de modelo 3D (a) para una pila y su marcador (b)</a>	20
<a href="#">Figura 22. Funcionamiento de la aplicación Merge Cube</a>	21
<a href="#">Figura 23. Ejemplo del cubo usado en el proyecto presentado en la Universidad Técnica del Norte</a>	21
<a href="#">Figura 24. Ejemplo de circuito generado usando Circuitos Virtuales APK</a>	21
<a href="#">Figura 25. Ejemplo de circuito generado por la aplicación Electronicar</a>	22
<a href="#">Figura 26. Imagen de una placa con RA superpuesta generada con InspectAR</a>	23
<a href="#">Figura 27. Metodología en cascada con retroalimentación, elaboración propia</a>	24
<a href="#">Figura 28. Logotipo de Unity</a>	27
<a href="#">Figura 29. Plataformas soportadas por Unity</a>	28
<a href="#">Figura 30. Cuota de mercado de <i>smartphones</i> por sistema operativo</a>	29
<a href="#">Figura 31. Logotipo de Vuforia</a>	29
<a href="#">Figura 32. Marcadores reconocidos por Vuforia</a>	30
<a href="#">Figura 33. Puntos de referencia para el marcador, definitivo, correspondiente al fusible (electk[AR])</a>	31
<a href="#">Figura 34. Requisitos para subir una Single Image a Vuforia</a>	32



<a href="#">Figura 35. Puntos de referencia del marcador para fusible (a) y su rating (b) según Vuforia</a>	32
<a href="#">Figura 36. Evolución del diseño del marcador para amperímetro de electk[AR]</a>	33
<a href="#">Figura 37. Boceto original para las <i>flashcards</i> anverso (a) y reverso (b). elaboración propia</a>	33
<a href="#">Figura 38. Modelo definitivo de <i>flashcard</i>, por ambas caras, para amperímetro</a>	34
<a href="#">Figura 39. Logotipo de Photoshop</a>	35
<a href="#">Figura 40. Logotipo de Gimp</a>	35
<a href="#">Figura 41. Acceso a Target Manager en la web de Vuforia</a>	35
<a href="#">Figura 42. Añadir un nuevo target en la base de datos de la web de Vuforia (a) y elección del tipo de target (b)</a>	36
<a href="#">Figura 43. Comprobación que los marcadores han subido correctamente en la base de datos de Vuforia</a>	36
<a href="#">Figura 44. Exportación de marcadores a Unity</a>	37
<a href="#">Figura 45. Logotipo de Blender</a>	38
<a href="#">Figura 46. Listado de modelos 3D generados en Blender</a>	39
<a href="#">Figura 47. Exportar un objeto 3D de Blender con formato .blend a formato .fbx (parte 1)</a>	39
<a href="#">Figura 48. Exportar un objeto 3D de Blender con formato .blend a formato .fbx (parte 2)</a>	40
<a href="#">Figura 49. Exportar modelo a Unity mediante <i>Import New Asset</i></a>	40
<a href="#">Figura 50. Exportar modelo a Unity arrastrando el modelo entre carpetas</a>	41
<a href="#">Figura 51. Modelo 3D en proceso de subida a Unity (a) y subido (b)</a>	41
<a href="#">Figura 52. Crear un nuevo Image target en Unity (a) y (b)</a>	42
<a href="#">Figura 53. Asociar un marcador de la base de datos creada en Vuforia con un Image Target de Unity</a>	43
<a href="#">Figura 54. Situar un image target en la escena de Unity usando Move Tool (a) o usando Position (XYZ) (b)</a>	43
<a href="#">Figura 55. Modelo 3D para motor integrado con su <i>image target</i> en Unity</a>	44
<a href="#">Figura 56. <i>Protoboard</i> usada para RA de nivel 2 o <i>markerless</i></a>	45
<a href="#">Figura 57. Descarga de la aplicación Vuforia Object Scanner</a>	45
<a href="#">Figura 58. Circuito real de prueba para RA de nivel 2</a>	45
<a href="#">Figura 59. Cuadro delimitador en Unity para trabajar con el objeto 3D escaneado</a>	46
<a href="#">Figura 60. Prueba de RA de nivel 2 usando electk[AR], sin circuito montado en <i>protoboard</i> (a) y con circuito montado en <i>protoboard</i> (b)</a>	47
<a href="#">Figura 61. Problema de exportación de textura metálica de Blender a Unity</a>	52
<a href="#">Figura 62. Solución al problema de exportación de textura metálica de Blender a Unity</a>	52
<a href="#">Figura 63. Logotipos de Unity (a) y Vuforia (b)</a>	70
<a href="#">Figura 64. Acuerdo de licencia (a) y carpeta de instalación (b) de Unity Hub</a>	70

<a href="#">Figura 65. Instalación de la versión deseada de Unity desde Unity Hub</a>	71
<a href="#">Figura 66. Selección de módulos a instalar junto a la versión deseada de Unity</a>	71
<a href="#">Figura 67. Versiones de Unity instaladas visualizadas desde Unity Hub</a>	72
<a href="#">Figura 68. Activación manual de la licencia de Unity</a>	72
<a href="#">Figura 69. Descarga del archivo con la licencia para activar Unity</a>	72
<a href="#">Figura 70. Registro en la web de Unity</a>	73
<a href="#">Figura 71. Confirmación vía email de la cuenta usada para el registro en Unity</a>	73
<a href="#">Figura 72. Carga del archivo con la licencia de activación de Unity</a>	73
<a href="#">Figura 73. Selección del tipo de licencia en Unity</a>	74
<a href="#">Figura 74. Activación de la licencia de Unity desde Unity Hub</a>	74
<a href="#">Figura 75. Unity sin Vuforia instalado</a>	74
<a href="#">Figura 76. Crear una cuenta de usuario en la web de Vuforia</a>	75
<a href="#">Figura 77. Solicitud de licencia en Vuforia</a>	75
<a href="#">Figura 78. Confirmación de licencia en Vuforia</a>	76
<a href="#">Figura 79. Descarga del <i>package</i> para activar la AR Camera en Unity</a>	76
<a href="#">Figura 80. Creando un nuevo proyecto en Unity (a) y (b)</a>	77
<a href="#">Figura 81. Instalación del <i>package</i> de Vuforia en Unity</a>	77
<a href="#">Figura 82. Borrado de Main Camera y adición de AR Camera en Unity</a>	77
<a href="#">Figura 83. Acceso a Open Vuforia Engine Configuration</a>	78
<a href="#">Figura 84. Incluir la licencia de Vuforia en la AR Camera creada en Unity</a>	78
<a href="#">Figura 85. Logotipo de Blender</a>	79
<a href="#">Figura 86. Web para la descarga de Blender</a>	79
<a href="#">Figura 87. Proceso de descarga del <i>software</i> Blender</a>	79
<a href="#">Figura 88. Inicio del proceso de instalación de Blender</a>	80
<a href="#">Figura 89. Acuerdo de licencia para el uso de Blender</a>	80
<a href="#">Figura 90. Selección de la ubicación donde instalar Blender</a>	80
<a href="#">Figura 91. Inicio del proceso de instalación de Blender (a) y (b)</a>	81
<a href="#">Figura 92. Finalización del proceso de instalación de Blender</a>	81
<a href="#">Figura 93. Pantalla de inicio de Blender tras su instalación</a>	81
<a href="#">Figura 94. Descarga de la aplicación Vuforia Object Scanner</a>	82
<a href="#">Figura 95. Icono de Vuforia Object Scanner instalada en un <i>smartphone</i></a>	82
<a href="#">Figura 96. Diagrama para escanear objetos 3D con Vuforia Object Scanner</a>	83
<a href="#">Figura 97. Crear el fichero del objeto 3D a escanear en Vuforia Object Scanner</a>	83
<a href="#">Figura 98. Inicio del proceso de escaneado de objeto 3D usando Vuforia Object Scanner (a) y caja de alineación (b)</a>	83
<a href="#">Figura 99. Captura de puntos de identificación de un objeto 3D usando Vuforia Object Scanner</a>	84
<a href="#">Figura 100. Resultado del escaneo del objeto 3D y fichero generado <i>.od</i></a>	84

<a href="#">Figura 101. Acceso a Target Manager en la web de Vuforia .....</a>	85
<a href="#">Figura 102. Añadir un nuevo <i>target</i> en la base de datos de la web de Vuforia (a) y elección del tipo de target (b) .....</a>	85
<a href="#">Figura 103. Nuevo <i>target</i> subido correctamente en la base de datos de Vuforia .....</a>	85
<a href="#">Figura 104. Exportación de objeto 3D escaneado con Vuforia Object Scanner a Unity .....</a>	86

## Listado de tablas

<a href="#">Tabla 1. Ventajas de la RA en educación</a>	16
<a href="#">Tabla 2. Formas de integrar RA-educación</a>	17
<a href="#">Tabla 3. Aplicaciones educativas de RA</a>	18
<a href="#">Tabla 4. Retos de usar RA en educación</a>	23
<a href="#">Tabla 5. Comparativa de trabajos relacionados con el aprendizaje de circuitos eléctricos y sus componentes</a>	26
<a href="#">Tabla 6. Comparativa de programas para modelado 3D</a>	38
<a href="#">Tabla 7. Problemas de reconocimiento de Vuforia con los modelos iniciales de marcador para fusible y resistencia</a>	50
<a href="#">Tabla 8. Solución a los problemas de reconocimiento de Vuforia con los modelos de marcador para fusible y resistencia</a>	51
<a href="#">Tabla 9. Rúbrica para la evaluación del proceso de enseñanza-aprendizaje</a>	54
<a href="#">Tabla 10. Encuesta de satisfacción sobre la unidad didáctica con RA y la aplicación, para el alumnado</a>	55
<a href="#">Tabla 11. Resultados de la evaluación de la prueba piloto a “escala doméstica”</a>	56

# 1. INTRODUCCIÓN.

En el ámbito de las tecnologías inmersivas puede crear confusión la terminología usada y las abreviaturas VR/RV, AR/RA... Investigando sobre las mismas surge el concepto de **Virtuality Continuum (Continuo de la Virtualidad)**: escala continua que oscila entre lo que es completamente virtual (la realidad virtual) y lo que es completamente real (el mundo físico). [17,21,58]

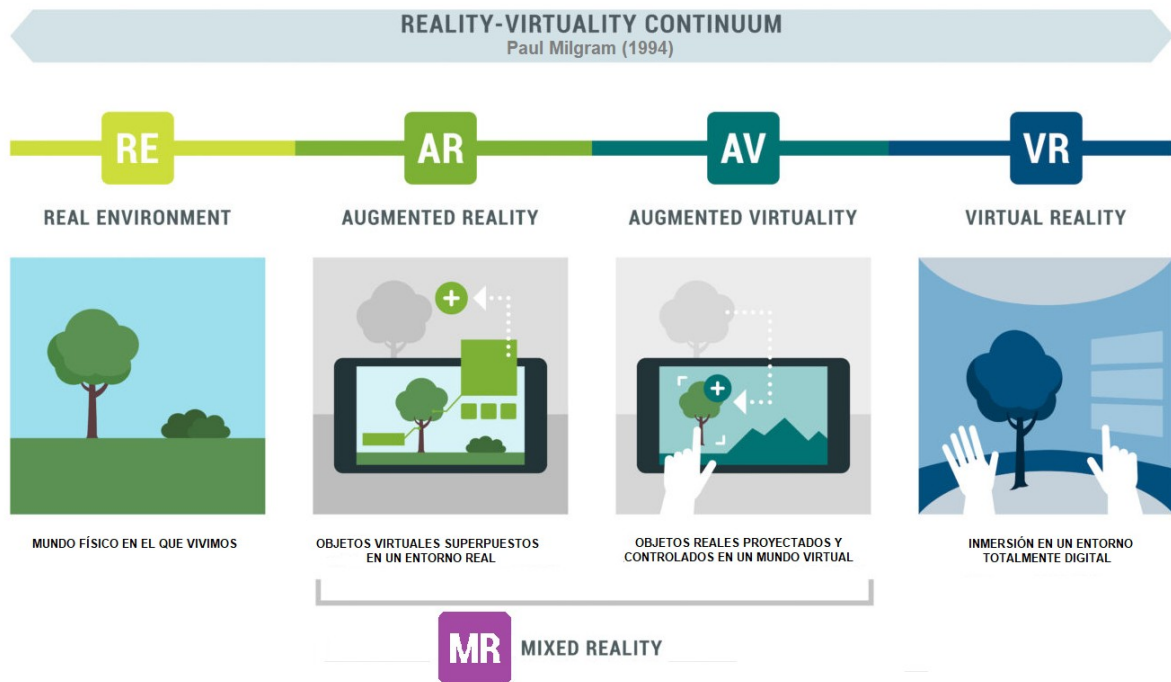


Figura 1. Continuo de la Virtualidad, adaptado de [13,18].

Conocer las diferencias básicas entre AR, AV, VR y MR es importante para evitar confusión entre conceptos y para entender correctamente este proyecto. Esas diferencias son: [26,38,39,57]

**Augmented Reality (AR)-Realidad Aumentada (RA):** el entorno real se usa como soporte para superponer elementos virtuales (modelos 3D, vídeos, imágenes...) que se visualizarán gracias a la cámara y a través de la pantalla de un *smartphone*, una *tablet*... pudiendo interactuar con los mismos.

**Augmented Virtuality (AV)-Virtualidad Aumentada (VA):** tecnología que consiste en agregar en un entorno principalmente virtual estímulos y/o elementos procedentes del mundo real. Requiere usar dispositivos específicos como gafas de RV -Oculus Quest-, auriculares AR...

**Virtual Reality (VR)-Realidad Virtual (RV):** crea un entorno totalmente artificial en el que su usuario se sumerge y se siente parte del mismo mediante el uso de gafas de RV o de otros dispositivos externos como guantes, cascos...

**Mixed Reality (MR)-Realidad Mixta (RM):** es un híbrido entre RV y RA donde se combinan y superponen contenidos creados artificialmente con el mundo físico mediante hologramas, que se proyectan en el contexto de su usuario, con opciones interactivas. Se produce una traslación del mundo real al virtual creando un modelado 3D de la realidad en el que interactúan tanto objetos y/o personas reales como virtuales. Al igual que la RV requiere, por ejemplo, uso de gafas de RV o de un dispositivo específico.

## 1.1. Justificación del interés y la relevancia de la propuesta.

La **evolución tecnológica** junto con las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) han permitido que la **educación** adquiera una **nueva perspectiva**, constituyendo un importante factor de cambio para nuestra sociedad. Además, esas tecnologías han contribuido y contribuyen a la rápida obsolescencia de los conocimientos y a la emergencia de nuevos valores <sup>[25]</sup> y paradigmas educativos.

Esta transformación en la forma de enseñar y adquirir conocimientos, sus ventajas y desventajas y su posibilidad de aplicación real en el aula <sup>[4,31]</sup>, provoca el nacimiento de nuevas ideas que siguen aproximando la tecnología al campo educativo, en todos sus ámbitos <sup>[54]</sup>. En gran parte, este fenómeno se debe a que estos tipos de tecnologías están inmersas en nuestra vida diaria tanto dentro como fuera del aula (gran parte de la población tiene un *smartphone* o una *tablet* capaz de usar estas tecnologías). Se está planteando, por tanto, un rediseño adaptativo del modelo educativo tradicional hacia el uso de herramientas no convencionales de enseñanza y, en consecuencia, el desarrollo de nuevas formas de acceso, visualización y de transmisión de la información en el aula, en el proceso de enseñanza-aprendizaje y en la relación alumnado-profesorado.

Como se ha evidenciado, el ámbito educativo, partícipe e integrante de esta transformación, debe aprovechar las oportunidades que brindan las TIC como vía para la innovación educativa. El Trabajo Final de Grado se encuadra dentro de este proceso de innovación usando **Realidad Aumentada** (RA) en una asignatura concreta, Tecnología, de 1º de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) <sup>[13]</sup> y en una unidad didáctica concreta, circuitos eléctricos (según establece la normativa vigente sobre el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato <sup>[13]</sup>).

La RA es una tecnología que crea una experiencia parcialmente inmersiva <sup>[31,54]</sup> al incorporar al entorno real datos generados por ordenador (imágenes, sonido, vídeo, superposiciones de GPS... <sup>[34]</sup>) a través de la cámara de un *smartphone*, *tablet* o visor, creando un interfaz nuevo basado en el mundo real manipulable en tiempo real. Una de sus grandes ventajas es que es una tecnología mutable capaz de integrarse en cualquier área de forma positiva con un coste no muy elevado y un uso no excesivamente complejo (que son algunas de las diferencias con la Realidad Virtual que reemplaza, al 100%, el mundo real por uno virtual <sup>[54]</sup>).

La implementación de esta tecnología, RA, se hace patente en sectores tan diversos como son el publicitario (aplicación Houzz para diseño de interiores del hogar), el de ocio y entretenimiento (videojuegos como Pokemon Go y Warhammer) o el turístico (aplicación World Around Me de localización de servicios como gasolineras, locales de ocio, cajeros automáticos...) <sup>[31,34,54]</sup>; sin olvidar el educativo que es en el que se centra este proyecto <sup>[22]</sup>.

En la sociedad del conocimiento en la que vivimos es importante integrar en el ámbito educativo este tipo de tecnología a temprana edad para motivar la adquisición de conocimientos. Desde esta perspectiva, la RA en el campo educativo aparece como una tecnología capaz de cambiar la forma en que se explica y se percibe la realidad física, proporcionando nuevas vías de aprendizaje, alejadas de los métodos tradicionales <sup>[4,31]</sup>. De esta forma, dificultades en el proceso de enseñanza-aprendizaje como la falta de atención, carencias en la comunicación alumnado-profesorado, problemas de memorización... pueden verse disminuidas ya que se puede generar cualquier tipo de contenido multimedia adaptado al contexto que se vaya a trabajar y personalizable para un/a estudiante en concreto.

Una mayor aplicación de las TIC en las aulas o en cualquier lugar desde donde se pueda acceder a Internet favorecerá el proceso de enseñanza-aprendizaje y facilitará su rediseño para adaptarse a los nuevos avances tecnológicos, siendo eficaz, útil y motivador para el alumnado.

El **campo de la electrónica**, en el ámbito educativo, no es indiferente a este tipo de tecnología y el método de enseñanza-aprendizaje derivado del uso de RA, permitiendo conocer los componentes básicos de un circuito eléctrico predeterminado (ya que en este proyecto se trabajará con RA con marcadores y sin marcadores), su funcionamiento y los fenómenos físicos que tienen lugar. Además, no hay que olvidar el impacto que tiene su uso en la transversalidad, el trabajo cooperativo y la gamificación, entre otros.

El uso de RA beneficia tanto al alumnado como al profesorado (que se perfila como el factor clave para el éxito en la incorporación de tecnologías en el proceso educativo <sup>[59]</sup>) ya que mejorará sus habilidades pedagógicas y didácticas mediante un novedoso material interactivo que, a su vez, favorecerá al alumnado mejorando su forma de estudiar, adquirir conocimientos, interactuar en el aula, entre otras <sup>[22]</sup>.

En ese vínculo RA-electrónica-enseñanza es donde se centra el propósito de este proyecto: enseñar el funcionamiento de circuitos eléctricos básicos y sus componentes desarrollando una aplicación de RA.

La aplicación, paralelamente, pretende despertar el interés y el ingenio del alumnado de secundaria que puede derivar, en posteriores etapas educativas, en la elección de formación académica superior en grados afines a la electrónica <sup>[36]</sup>. Por ende, es el pequeño grano de arena que se aporta para que la educación vaya a la par con los avances tecnológicos.

Por último, para que el proyecto tenga gran calado sobre todo en el alumnado, es necesario recopilar información <sup>[41,45]</sup> sobre el grado de satisfacción, la actuación docente, el interés del tema tratado y cualquier otro factor educativo de interés que sirva para una mejora constante de la aplicación adaptándola a las necesidades educativas presentes en cada momento.

## 1.2. Objetivos del proyecto.

Este proyecto está centrado en el área de aplicación de Realidad Aumentada (RA) en educación denominada como **materiales didácticos con RA**.

### Objetivo principal

**Integrar la RA con una unidad didáctica de la asignatura de Tecnología de 1º de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) <sup>[13]</sup>.**

### Objetivos específicos

Para alcanzar el objetivo principal, se plantean los siguientes objetivos específicos:

1. Revisar y recopilar información sobre RA, contextualizarla en el ámbito educativo y valorar los beneficios y las limitaciones inherentes a su uso como recurso educativo.

2. Seleccionar las herramientas necesarias para diseñar y desarrollar una aplicación de RA para el sistema operativo Android, que sirva de apoyo al proceso de enseñanza-aprendizaje de circuitos eléctricos básicos y sus componentes, capaz de reconocer marcadores (RA de nivel 1) y objetos escaneados en 3D (RA de nivel 2).
3. Diseñar y desarrollar una unidad didáctica donde se integre RA para el estudio de circuitos eléctricos básicos y sus componentes.
4. Diseñar los modelos 3D de los componentes de los circuitos eléctricos a usar e integrarlos con su correspondiente marcador.
5. Proponer una evaluación de la aplicación como de la unidad didáctica para introducir mejoras en futuras versiones.

### 1.3. Temporización del proyecto.

Para el desarrollo de este proyecto, se ha usado como base para su temporización las fechas de entrega de las pruebas de evaluación continuada (PEC) que esta asignatura ya tiene definidas al inicio del semestre académico.

A continuación, se detallan las diferentes tareas incluidas en cada PEC considerando que parte de la PEC3 "Diseño e implementación" se ha desarrollado en paralelo a la PEC1 y la PEC2 ya que el tiempo dedicado a diseñar y desarrollar tanto los marcadores y las *flashcards* como los modelos en 3D (incluida su exportación a Unity) se suponía muy elevado al carecer de conocimientos y experiencia con los programas a usar (en concreto se hace referencia a Unity, Vuforia y Blender).

Las tareas a realizar se han definido en términos de horas de trabajo diarias que se ha tratado de conjugar con las horas que cada PEC tiene asignadas según el calendario académico. Es importante remarcar que debido a la necesidad de compatibilizar la vida familiar, con la laboral y la académica, únicamente se han podido dedicar de 2 a 3 horas diarias los días laborables y de 4 a 5 horas diarias los fines de semana y festivos. A pesar de lo indicado, que son cifras aproximadas, cualquier momento libre se ha dedicado al proyecto.

#### PEC1 Proyecto

Fecha de inicio: 16/09/2021

Fecha de entrega: 29/09/2021

Esta **primera fase del proyecto** tiene como objetivo definir con claridad la temática principal del trabajo, el alcance del proyecto y los objetivos principales que se quieren conseguir con su realización.

La tarea a llevar a cabo en esta fase consiste en escribir la **propuesta del trabajo de fin de grado** (TFG) que debe contener los siguientes apartados:

1. Propuesta de título.
2. Palabras clave o *keywords*.
3. Resumen de la propuesta.
4. Justificación del interés y la relevancia de la propuesta.



5. Explicación de la motivación personal.
6. Bibliografía.

Para el correcto desarrollo de esta fase y del proyecto, es primordial la recopilación de información con la que poder determinar los apartados anteriormente citados. Hay que remarcar que este proceso de recopilación de información ha sido constante durante el desarrollo del proyecto ya que, como se ha indicado al inicio de este apartado, se carece de conocimientos y experiencia con los principales programas a usar (Unity, Vuforia y Blender).

## PEC 2 Estado del arte

Fecha de inicio: 30/09/2021  
Fecha de entrega: 27/10/2021

En esta fase se debe redactar el **Estado del Arte**, es decir, la base teórica sobre la que se sustenta el proyecto. Requiere una búsqueda exhaustiva de información sobre los diferentes proyectos y técnicas existentes relacionados con el proyecto a desarrollar en este TFG. En consecuencia, también es necesario sintetizar adecuadamente dicha información.

Por tanto, la redacción del Estado del Arte permitirá tener una visión más clara y precisa del estado actual del ámbito de conocimiento a tratar en el TFG y ayudará a definir correctamente alcance, objetivos y limitaciones del mismo, así como del resto de fases del producto (diseño, desarrollo, conclusiones y líneas de futuro).

## PEC 3 Diseño e implementación

Fecha de inicio: 28/10/2021  
Fecha de entrega: 15/12/2021

Fase de diseño y desarrollo del producto que se presentará con el TFG. En este caso, corresponde a una aplicación para *smartphone* y una unidad didáctica.

Las tareas a realizar en esta fase son las siguientes:

- Definición de usuarios/os y contexto de uso.
- Diseño y desarrollo de marcadores y *flashcards* para RA.
- Diseño y desarrollo de los modelos 3D.
- Diseño y desarrollo de la aplicación móvil.
- Escaneado de objetos 3D.
- Exportación de modelos 3D a Unity.
- Integración de modelos 3D con su marcador o con su *flashcard*.
- Evaluación y mejora de la aplicación.
- Corrección de fallos.

Esta fase es la que más tiempo ha ocupado y, tal como se indicó al inicio de este apartado, se ha desarrollado en paralelo a la PEC1 y la PEC2 ya que el tiempo dedicado a diseñar y desarrollar tanto los marcadores y las *flashcards* como los modelos en 3D (incluida su exportación a Unity) se suponía muy elevado al carecer

de conocimientos y experiencia con los programas a usar (en concreto se hace referencia a Unity, Vuforia y Blender).

#### **PEC 4 Memoria**

Fecha de inicio: 16/12/2021

Fecha de entrega: 05/01/2022

Esta fase corresponde a la redacción de la memoria donde se explican todos los aspectos clave del TFG.

En líneas generales, los apartados del proyecto a incluir son los siguientes:

1. Justificación de su necesidad.
2. Alcance del mismo.
3. Objetivo/s.
4. Estado del Arte.
5. Diseño y desarrollo.
6. Conclusiones.
7. Líneas futuras.

El detalle concreto de los apartados, que se incluyen en esta memoria, viene recogido en el [Índice](#) que aparece al inicio de este documento.

A continuación, se muestra la planificación temporal, en función de los días y las horas de trabajo:

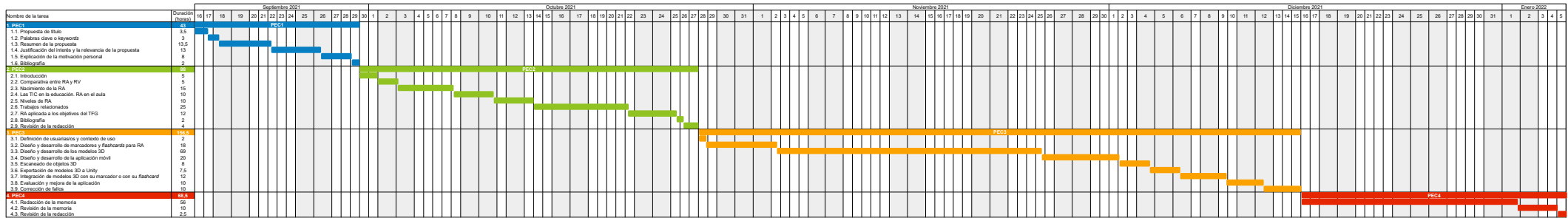


Figura 2. Diagrama de Gantt de tareas del proyecto, elaboración propia.

En las siguientes figuras se detalla el diagrama de Gantt anterior para cada una de las PECs:

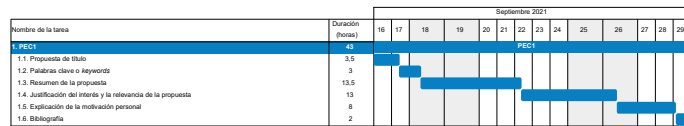


Figura 3. Diagrama de Gantt para la PEC1, elaboración propia.

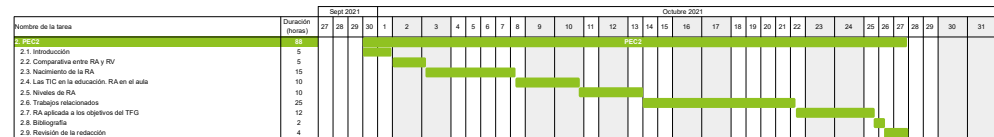


Figura 4. Diagrama de Gantt para la PEC2, elaboración propia.

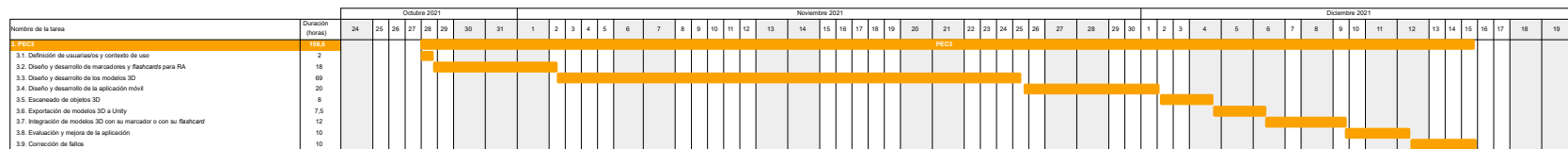


Figura 5. Diagrama de Gantt para la PEC3, elaboración propia.



Figura 6. Diagrama de Gantt para la PEC4, elaboración propia.

## 2. COMPARATIVA ENTRE REALIDAD AUMENTADA (RA) Y REALIDAD VIRTUAL (RV).

Es bastante usual que RA y RV se confundan e incluso lleguen a usarse como sinónimos pero son dos tecnologías distintas que pueden coexistir a través de la Realidad Mixta (RM).

En la siguiente figura se detallan las diferencias entre ambas tecnologías aunque su diferencia más notoria nace en sus conceptos. Mientras la RA es la superposición de elementos virtuales en un entorno real, la RV es la sustitución del entorno real por uno creado artificialmente. <sup>[3,32,36,40]</sup>



Figura 7. Comparativa entre RA y RV, adaptado de <sup>[32]</sup>.

## 3. NACIMIENTO DE LA REALIDAD AUMENTADA.

La finalidad de este apartado es realizar una retrospectiva sobre la historia de la RA, destacando los hitos más importantes que han hecho posible su existencia y los más relevantes para el objeto de este proyecto. <sup>[7,28,47,50]</sup>

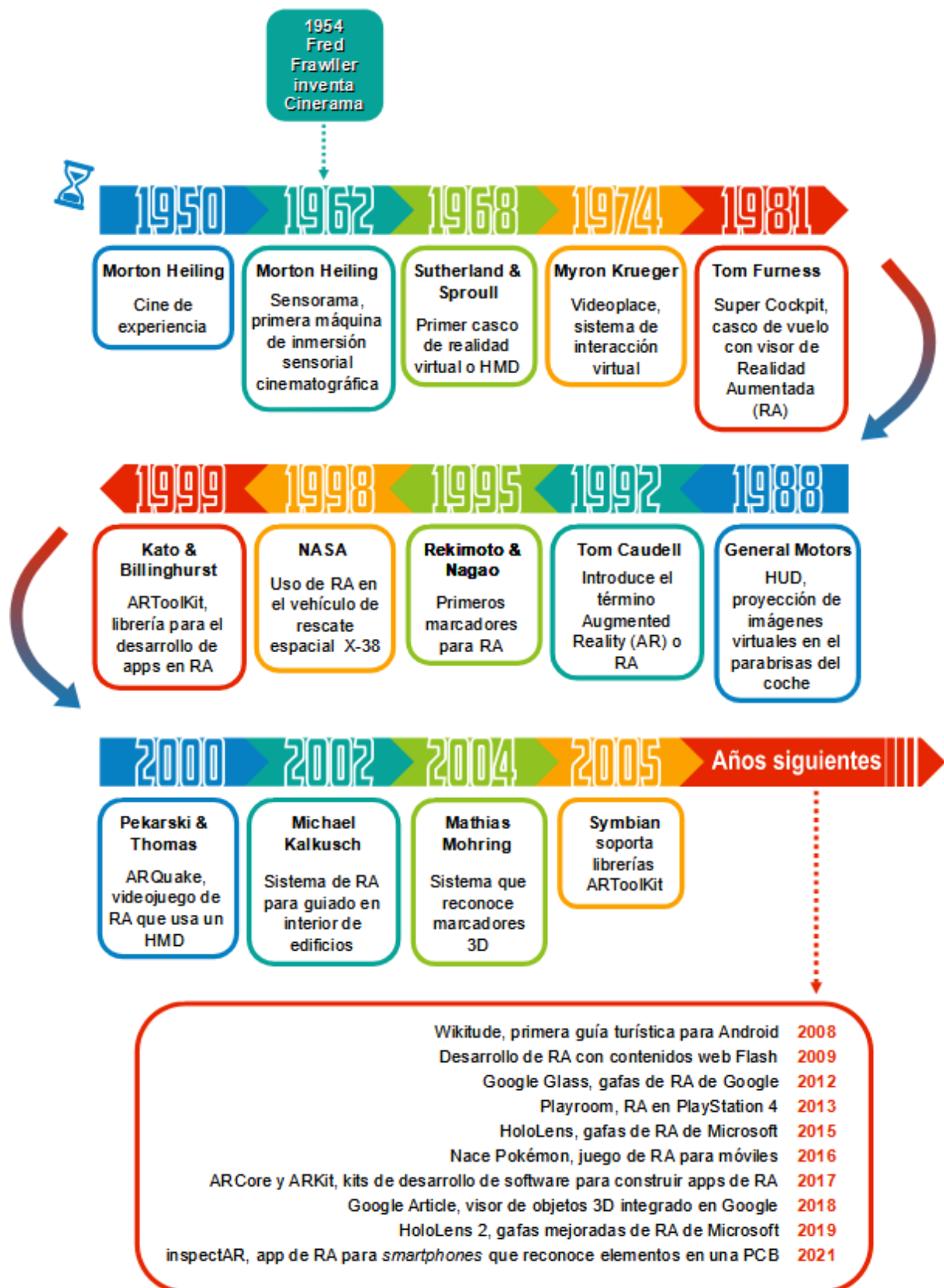


Figura 8. Infografía con los hitos más importantes para RA, elaboración propia.

Su origen tiene lugar en el año **1950**, momento en el que **Morton Heilig** (reconocido filósofo, visionario y realizador de cine) escribe sobre un “**cine de experiencia**”, donde todos los

sentidos acompañan de forma efectiva al espectador integrándolo con lo que sucede en la pantalla.

En **1962**, **Morton Heilig** construyó un curioso prototipo llamado **Sensorama**, primera máquina de inmersión sensorial para películas de cine (aunque aún no era interactivo). La proyección de la película (fueron 5 en total) se complementa con:

1. Imágenes estereoscópicas y vista de gran ángulo.
2. Sonido envolvente.
3. Vibraciones mecánicas en el asiento.
4. Viento producido por un ventilador y aromas lanzados por el aire hacia el público.



Figura 9. Sensorama, extraído de <sup>[47]</sup>.

Heilig se inspiró en el invento de **Fred Fawler** denominado **Cinerama** (1954) que consistía en un cine con pantallas curvadas de 180° que daban profundidad a las proyecciones generando un efecto visual más realista.

Frente al escepticismo ante esta tecnología, los estudios prosiguieron y en **1968** el profesor de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Harvard, **Ivan Sutherland**, y su estudiante, **Bob Sproull**, construyen el considerado primer casco de realidad virtual (**HMD o head-mounted display**), conocido como “**La espada de Damocles**” (por la forma que colgaba sobre la cabeza del usuario).



Figura 10. *Head-mounted-display* o HMD, extraído de <https://proyectoidis.org/espada-de-damocles/>.

Este sistema estaba compuesto por un brazo mecánico articulado fijado al techo que sostenía el sistema de visualización (dos pequeñas pantallas con un soporte para ajustarse en la cabeza del usuario). Además, permitía la interacción de la usuaria o del usuario con un mundo virtual, en el que quedaba inmersa/o. Gracias a un ordenador se generaban pares estereoscópicos de imágenes de objetos en 3D que se enviaban al sistema de visualización.

La importante reducción del tamaño de los ordenadores, el incremento en capacidad de cálculo y la reducción de coste que hubo en la década de los 70, facilitó que en **1974 Myron Krueger** construyese un sistema de interacción virtual llamado **Videoplace**.

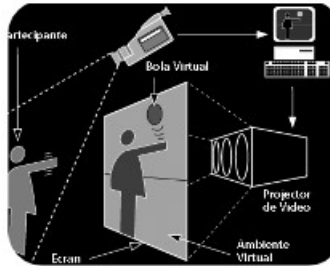


Figura 11. Videoplace, extraído de <https://proyectoidis.org/videoplace/>.

Este sistema, totalmente diferente a la tecnología de Ivan Sutherland, captaba la silueta del usuario mediante una cámara de vídeo para hacer el seguimiento de sus extremidades y su cabeza que son los elementos de interacción con un entorno virtual proyectado. Esta invención podría considerarse precursora del controlador de juegos desarrollado por Microsoft en 2010, Kinect, aunque tengan finalidades diferentes.

**Tom Furness** desarrolla **Super Cockpit**, en **1981**, un casco de vuelo con un visor en donde el piloto veía información adicional de su nave con RA al mirar a puntos específicos de la misma.



Figura 12. Super Cockpit, extraído de <https://es.digitaltrends.com/realidad-virtual/hitos-historia-realidad-virtual/>.

En **1988** se incorpora un sistema funcional **head-up display** o **HUD** en un coche Oldsmobile Cutlass Convertible. El sistema proyecta imágenes virtuales en el parabrisas del coche para ayudar al conductor a tomar decisiones de forma rápida. Esta tecnología se usó por primera vez en el caza Havilland Mosquito, a finales de la II Guerra Mundial. <sup>[9]</sup>

**Tom Caudell**, en **1992**, introduce el término **Augmented Reality (AR)** o Realidad Aumentada (RA). Superpuso textos, diagramas y gráficos en el visor usado por operarios de la compañía Boeing para realizar tareas de fabricación y mantenimiento de forma correcta en la aeronave (algo muy parecido a una guía virtual).

Ese mismo año surge la **primera definición de RA**: “la inclusión, en tiempo real, de elementos virtuales dentro del universo físico”. Rápidamente se discute sobre las diferencias entre el concepto de Realidad Virtual, introducido por Jaron Lanier dos años atrás, y el concepto de RA.

En el año **1995**, **Jun Rekimoto** y **Katashi Nagao** presentan los **primeros marcadores para RA** de matriz bidimensional, de forma cuadrada. Desarrollan **NaviCam** un sistema que usa una estación de trabajo y una cámara que reconoce marcadores en forma de barras mostrando directamente información sobre la secuencia de video.

En el año **1998**, la **NASA** usa por primera vez la RA en la **nave espacial X-38** (vehículo de rescate para el retorno de la tripulación en la estación espacial en caso emergencias, denominado CRV (Crew Reverse Vehicle)).

Se desarrolla, en **1999**, una librería en código abierto para C/C++ para el desarrollo de aplicaciones de RA con una serie de ejemplos y utilidades de gran ayuda para no programadores (lo que facilita el desarrollo de este tipo de aplicaciones). Sus creadores **Hirokazu Kato** y **Mark Billinghurst**, la denominaron **ARToolKit**.

En el año **2000** para los amantes de los videojuegos llega **ARQuake**, un videojuego con un escenario real (el usuario puede moverse libremente) y enemigos virtuales, donde se usa una pistola conectada a un ordenador junto con un HMD con brújula y una antena GPS. El juego fue desarrollado por Wayne Piekarski y Bruce Thomas y puesto a la venta por la compañía id Software.



Figura 13. ARQuake, extraído de <https://chopsueyblog.wordpress.com/2008/10/23/arquake-realidad-aumentada/>.

**Michael Kalkusch** desarrolla, en **2002**, un **sistema de RA móvil** para guiar al usuario por el interior de un edificio hasta su destino reconociendo marcadores (bajo la librería ARToolkit) y usando algoritmos de búsqueda para encontrar el camino más corto y visualizarlo en el HMD.

Otro hito importante ocurre en **2004**, **Mathias Mohring** presenta un sistema que reconoce **marcadores 3D en un teléfono móvil**, siendo así capaces de integrar y renderizar gráficos virtuales tridimensionales junto al vídeo en tiempo real.

Un año más tarde, en **2005**, el **sistema operativo Symbian** soporta las librerías ARToolkit. Se inicia el desarrollo de aplicaciones de RA para dispositivos móviles.

Durante los siguientes años y hasta la actualidad, han sido numerosos los aportes que han permitido la evolución y la aplicación de la RA en campos como la industria, el turismo, la medicina, la educación, el ocio... Se enumerarán brevemente alguno de estos aportes:

**2008:** la empresa Mobilizy lanza Wikitude, primera guía turística para sistema operativo Android que usando la posición GPS, brújula y acelerómetro del dispositivo móvil muestra información adicional sobre elementos urbanos en donde está el usuario, enfocando la cámara del móvil.

**2009:** las librerías ARToolkit permiten el desarrollo de la RA con contenidos web Flash.

**2012:** Google crea sus gafas de RA ,Google Glass, de tan solo 50 gramos.

**2013:** Sony aplica la RA en la PlayStation 4 (PS4) con The Playroom.

**2015:** Microsoft lanza sus gafas de RA, HoloLens.

**2016:** nace Pokémon Go, un juego de RA para móviles que alcanza cotas de éxito sin precedentes en el género a nivel mundial.

**2017:** Google y Apple presentan sus kits de desarrollo de software para construir aplicaciones de RA, ARCore y ARKit, respectivamente.



**2018:** Google crea Google Article, un visor de objetos 3D que irá integrado en el navegador.

**2019:** Microsoft lanza HoloLens 2, un modelo mejorado de sus anteriores gafas de RA.

**2021:** inspectAR, aplicación para *smartphones* que reconoce los diferentes elementos constituyentes que aparecen en la placa de un circuito impreso, los individualiza y aporta información mediante RA.

## 4. NIVELES DE REALIDAD AUMENTADA.

Los niveles se pueden entender como una forma de medir su fusión con la realidad y con la complejidad de las tecnologías usadas en el desarrollo de sistemas de RA. Diferenciar los niveles es importante, entre otros motivos, para entender correctamente el proyecto que se va a desarrollar. <sup>[2,8,36,41]</sup>

### 4.1. Nivel 0: hipervinculando el mundo físico (physical world hyperlinking).

Nivel básico cuyos activadores son códigos de barras (enlaces 1D o Universal Product Code), códigos 2D (como los códigos QR) o reconocimiento de imágenes aleatorias. Estos códigos enlazan a otros contenidos, no existe registro en 3D ni seguimiento de marcadores (acceden a un hiperenlace html sin teclear, descargando previamente un lector de códigos).

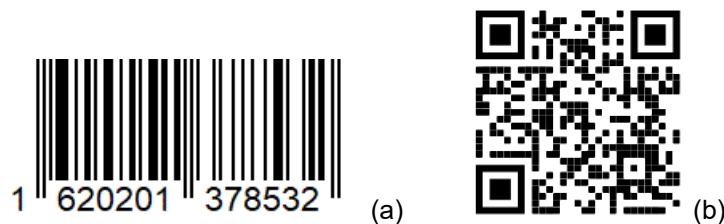


Figura 14. Código de barras (a), extraído de <https://barcode.tec-it.com/es/EAN13> y código QR (b), extraído de <https://es.qr-code-generator.com/>, referenciado a la Universitat Oberta de Catalunya (UOC).

### 4.2. Nivel 1: RA con marcadores (marked based AR).

Los activadores o marcadores son patrones 2D (imágenes, formas y dibujos esquemáticos impresos) que, al escanearse y reconocerse por la aplicación de RA, superponen información (modelo 3D, vídeo y/o imágenes) en la imagen real capturada por la cámara del dispositivo usado, por ejemplo, un *smartphone*.

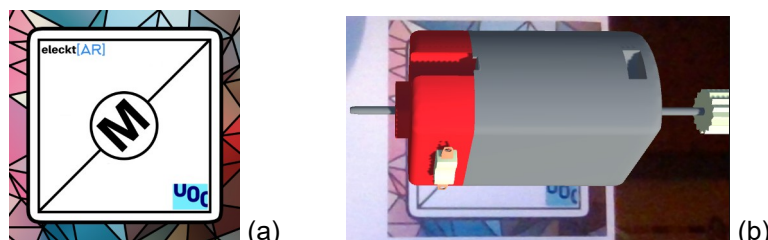


Figura 15. Marcador para motor de circuito eléctrico (a) y marcador activado (b), aplicación electk[AR].

#### 4.3. Nivel 2: RA sin marcadores (*markerless AR o AR without markers*).

Se sustituyen los marcadores por el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), el acelerómetro y la brújula del dispositivo electrónico para determinar la localización, inclinación y orientación del mismo y superponer información (imágenes, vídeos, modelos 3D, puntos de interés...) sobre imágenes del mundo real.

En este nivel también se incluye el reconocimiento de superficies y objetos físicos del entorno, por mediación de las imágenes captadas por la cámara del dispositivo, en los que superponer información (imágenes, vídeos, modelos 3D...).



Figura 16. RA activada con GPS, extraído de <https://www.xatakandroid.com/navegacion-y#mapas/google-maps-realidad-aumentada-asi#ultima-prueba-para-seguir-direcciones-usando#camara>

#### 4.4. Nivel 3: visión aumentada (*augmented vision*).

La RA visualizada en la pantalla se convierte en visión aumentada gracias a dispositivos electrónicos (gafas de RA -Google Glass, Epson Moverio u HoloLens-, proyectores, cascos, lentes biónicas...) que convierten el entorno real en un mundo virtual inmersivo, sin necesidad marcadores, *smartphone* o *tablet*, y ofrecen una experiencia personal lo más realista y natural posible.



Figura 17. Operaciones usando AV, extraído de <https://niixer.com/index.php/2021/02/11/realidad-virtual-el-futuro-de-la-medicina/>

## 5. REALIDAD AUMENTADA EN EL ÁMBITO DE LA EDUCACIÓN.

Las **Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC)** se pueden entender como el conjunto de herramientas tecnológicas relacionadas con la transmisión, procesamiento y almacenamiento digitalizado de información.

Actualmente, las TIC forman parte de nuestra vida al estar presentes en la mayoría de las actividades que se realizan. La razón de ello es que las aplicaciones TIC aportan soluciones

efectivas a problemas reales cotidianos. Poseen potencial para mejorar la sociedad aunque algunos de sus avances no tengan fines altruistas. <sup>[11]</sup>

Las **TIC** son **motor de cambios** a nivel económico, social y tecnológico en la sociedad actual. Las instituciones educativas no pueden mantenerse al margen de estos avances tecnológicos, implantar las TIC en educación ayuda a transformar, enriquecer y complementar el proceso educativo de modo que el escenario de aprendizaje no es solo el aula, sino cualquier espacio desde donde se tenga acceso a Internet. <sup>[49]</sup> La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) afirma que las TIC en educación pueden apoyar a los docentes en su trabajo diario y mejorar la calidad del aprendizaje alumnado, ya que se puede acceder a gran cantidad de información por diferentes vías.

<sup>[1,20,27]</sup> Teniendo en cuenta el **Informe Horizon de 2017 y 2020** (programa europeo que busca sintetizar las macrotendencias en tecnologías y prácticas que configuran el futuro de la enseñanza y el aprendizaje): las posibilidades de aplicar RA en educación son numerosas, remarcando que lo importante es el objetivo educativo a conseguir y encontrar la aplicación adecuada para llevarlo a cabo. La RA, por sí misma, no genera el aprendizaje así pues debe formar parte del diseño curricular y su principal valor debe ser aumentar la motivación del alumnado y enriquecer los recursos de aprendizaje activo (*learning by doing*) para alcanzar una experiencia de inmersión en el proceso educativo y en el entorno de aprendizaje.

En educación, la RA se puede aplicar en cualquier nivel educativo, desde la guardería (por ejemplo usando alfombras interactivas de 3DUPlay) hasta los estudios universitarios (con aplicaciones de modelado 3D de objetos). La RA forma parte de las denominadas **pedagogías emergentes** (conjunto de enfoques e ideas pedagógicas que surgen alrededor del uso de las TIC en educación y que intentan aprovechar todo su potencial comunicativo, informacional, colaborativo, interactivo, creativo e innovador en el marco de una nueva cultura del aprendizaje). <sup>[19]</sup> Es lo que se denomina la **era de nativos digitales**, es decir, aprovechar la facilidad innata que tienen las nuevas generaciones para manejar y alcanzar niveles superiores de destrezas en el manejo de los dispositivos digitales. <sup>[42]</sup>

La RA aplicada en asignaturas de ciencias como matemáticas, biología, física o tecnología puede ser una herramienta útil. Por ejemplo, una clase de física en la que se puede visualizar el átomo y sus partículas subatómicas a través de marcadores colocados en imágenes o textos. Por otra parte, la RA en asignaturas de letras como historia, lengua o geografía tiene una orientación más teórica, ofreciendo información adicional sobre autores, monumentos, eventos históricos... Por ejemplo, un marcador sobre una obra literaria que ofrece información extra e imágenes de su autor/a.

En esencia, el **objetivo de la RA en educación** es generar entornos con un elevado grado de participación e interactividad, en los que el alumnado pueda construir, diseñar, modificar, experimentar e involucrarse de forma activa en el proceso de aprendizaje al formar parte del mismo.

## 5.1. ¿Qué ventajas aporta la RA en educación?

Como se puede deducir de lo comentado hasta el momento, esta tecnología es capaz de captar de modo más efectivo la atención del alumnado creando entornos interactivos que promueven un aprendizaje centrado en la experimentación. Las ventajas de su uso son:

1	Ofrece una experiencia inmersiva e interactiva que atrae el interés del alumnado y facilita el aprendizaje.
2	Aumenta la motivación del alumnado al hacer las clases más entretenidas e interesantes.
3	Fomenta la participación y la cooperación gracias a la interactividad.
4	El alumnado forma parte activa del proceso enseñanza-aprendizaje a través de la gamificación, haciéndolo más cercano y cooperativo.
5	Contextualiza el aprendizaje complementándolo con información relevante para evitar la sobreestimulación.
6	Permite al alumnado descubrir las asignaturas y su realidad desde una nueva perspectiva alejada del modelo tradicional educativo (que concibe al estudiante como un ser pasivo, es decir, un receptor pasivo del conocimiento y objeto de la acción del profesorado).
7	Favorece la inteligencia espacial y el desarrollo de competencias digitales.
8	Aplicable en diferentes contextos educativos (desde guardería hasta estudios universitarios, a asignaturas de todo tipo...) y con diferentes herramientas tecnológicas.
9	Permite individualizar y personalizar el aprendizaje al estilo de cognitivo y la forma de aprender de una alumna o un alumno concreto de una manera relativamente sencilla.
10	La memoria a corto plazo recibe y retiene información contextualizada con el que la persona interactúa en el proceso de enseñanza-aprendizaje. A largo plazo, se mejora la capacidad para recuperar una experiencia vivida y ya no solo aprendida de forma instrumental.
11	Se reduce el tiempo para adquirir determinadas habilidades, especialmente las procedimentales.
12	Los costes para su desarrollo, aplicación y mantenimiento no son elevados.

Tabla 1. Ventajas de la RA en educación.



Figura 18. Infografía ventajas de la RA en educación, elaboración propia.

## 5.2. ¿Cómo integrar RA y educación?

La RA es una tecnología relativamente joven que aunque se usa desde hace años en educación todavía no ha explotado todo su potencial en el aula, pero ya existen numerosas **formas de integrar RA-educación**, como por ejemplo:

<b>En los libros de texto</b>	Usando marcadores en libros de texto que al ser enfocados con un <i>smartphone</i> o una <i>tablet</i> ofrecen información extra.
<b>En los contenidos</b>	Usando marcadores en cualquier tipo de objeto que al ser enfocados con un <i>smartphone</i> o una <i>tablet</i> ofrecen información extra.
<b>En el aula</b>	Las horas lectivas no se limitan a ser monólogos del profesorado. Se ofrece una experiencias inmersiva que fomenta el interés y la participación, de un modo similar a la gamificación. Por ejemplo, desarrollando marcadores y modelos 3D.
<b>Do it yourself</b>	Usando activamente la tecnología, así como creándola y desarrollándola, aumentan sus competencias digitales y permiten afianzar los conocimientos adquiridos añadiendo otros nuevos.

Tabla 2. Formas de integrar RA-educación.

Si se desarrollan los contenidos resumidos en la tabla anterior, se considera que existen cinco grandes áreas en educación donde aplicar RA tiene efectos significativamente positivos para el alumnado y para el proceso de enseñanza-aprendizaje (que implica tanto al profesorado como al alumnado como partes activas en el mismo).<sup>[42]</sup> Esas áreas son las siguientes:

**1. Aprendizaje basado en el descubrimiento.** Combinar RA con un *smartphone* o una *tablet*, por ejemplo, hace que el aprendizaje se produzca de forma contextualizada por medio de la exploración (*learning by doing*) y el descubrimiento de información por iniciativa propia o de forma casual, pero siempre de forma activa. Un ejemplo es la aplicación para *smartphone* **Historypin**, que muestra imágenes actuales de edificios y lugares emblemáticos junto con fotografías antiguas (digitalizadas, compartidas y geolocalizadas por sus usuarios/os) de diferentes épocas para contrastar. Actualmente, la aplicación no está disponible para su descarga, ni para iOS ni para Android, debido al constante mantenimiento que requeriría; a pesar de ello se puede usar, con más funcionalidades que las incluidas en la aplicación para *smartphone*, a través de su web <https://www.historypin.org/en/>.

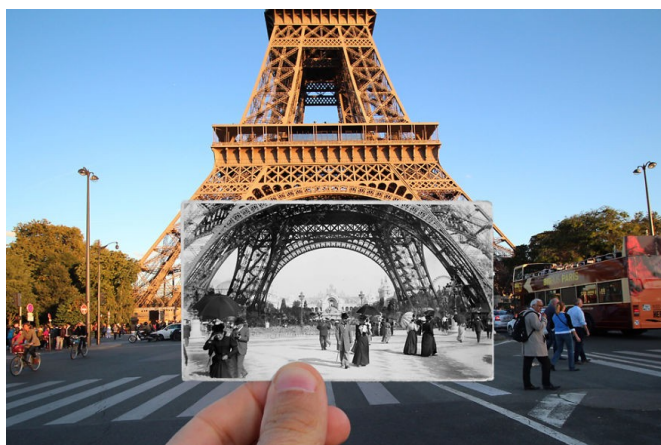


Figura 19. Acercar la historia a la actualidad, Historypin de la Torre Eiffel.

2. **Gamificación.** Trasladar la mecánica de los juegos al ámbito educativo para que las niñas y los niños puedan aprender jugando, y la RA facilita la aplicabilidad de la gamificación a infinidad de juegos educativos (basados en marcadores, geolocalización...). Por ejemplo, **ZooKazam** es una aplicación de RA (se puede descargar desde <http://www.zookazam.com/#home>) en la que se estudian los animales de una forma especial y divertida ya que se mueven, emiten sonidos y se puede interactuar con ellos, entre otras acciones.
3. **Modelado de objetos 3D.** Las aplicaciones de RA y de modelo 3D permiten que el alumnado pueda crear y visualizar modelos 3D, así como manipularlos. Hay numerosas webs donde descargar modelos 3D, gratuitos o de pago, como <https://thehappytoolbox.com/> o <https://www.turbosquid.com/>, que se pueden usar para combinar con RA y aplicarlos en el aula.
4. **Materiales didácticos con RA.** La RA aplicada a determinados materiales educativos (ficha de trabajo, esquemas en el aula...) ayuda al alumnado a mejorar su experiencia de aprendizaje al permitir visualizar objetos, escenas, diagramas... en 3D e interactuar con ello.
5. **Libros de texto con RA o “libros mágicos”.** Incorporar la RA en los libros de texto (que sería llevar el desarrollo de materiales didácticos con RA al siguiente nivel) enriquece los contenidos con materiales interactivos complementarios. Además, si este tipo de herramienta educativa se crea por parte del alumnado y el profesorado la mejora en el proceso de enseñanza-aprendizaje mejora notablemente ya que todas/os forman parte del proceso educativo.

Las **aplicaciones de RA como recurso educativo** alcanzan su mayor efectividad, consecuencia de una óptima integración, cuando se consigue que se vean como un recurso motivador y una vía de mejora del proceso enseñanza-aprendizaje, siempre que se utilicen y dirijan adecuadamente al alumnado por parte del profesorado.

Actualmente, las principales aplicaciones de RA como herramienta educativa se basan, en su mayoría, en el **uso de tecnología de nivel 0** (cuyos activadores son códigos de barras -enlaces 1D o Universal Product Code-, códigos 2D -como los códigos QR- o reconocimiento de imágenes aleatorias) **y de nivel 1** (los activadores o marcadores son patrones 2D -imágenes, formas y dibujos esquemáticos impresos- que, al detectarse y reconocerse por la aplicación de RA, superponen información -modelo 3D, vídeo y/o imágenes- en la imagen real capturada por la cámara). Su finalidad es eminentemente práctica, para que la persona que lo utilice pueda visualizar y/o manipular elementos que, de otra forma, sería imposible (por ejemplo, poder visualizar un esqueleto humano completo en 3D e interactuar con el mismo para obtener información de cada uno de los huesos que lo forman).

Además, existen diversas aplicaciones que ponen a disposición del profesorado estos y otros recursos educativos cuya finalidad no es eliminar elementos educativos tradicionales, sino que permite complementarlos, trabajando conjuntamente o sustituyéndolos en ciertas actividades. A través de Internet se pueden encontrar aplicaciones específicas, entre las que destacan:

Aplicación	Descripción
<p style="text-align: center;"><b>LayAR</b> (<a href="https://www.layar.com/">https://www.layar.com/</a>)</p>	<p>Aplicación de RA que muestra información digital en tiempo real sobre la imagen de la realidad.</p>

<p><b>Merge</b> (<a href="https://mergeedu.com/cube?cr=1710">https://mergeedu.com/cube?cr=1710</a>)</p>	<p>Aplicación de RA que usa un cubo con distintos símbolos en sus caras (<i>Merge Cube</i>) para generar una experiencia en realidad virtual y aumentada casi real. Las/os estudiantes pueden explorar una galaxia desde la palma de su mano, sostener fósiles y artefactos antiguos, explorar una molécula de ADN, investigar el núcleo de la Tierra...</p>
<p><b>Augment</b> (<a href="https://www.augment.com/">https://www.augment.com/</a>)</p>	<p>Aplicación para <i>smartphones</i> que permite visualizar modelos 3D en RA, integrados en tiempo real a su tamaño y ambiente reales.</p>
<p><b>QuiverVision</b> (<a href="https://quivervision.com/education-portal">https://quivervision.com/education-portal</a>)</p>	<p>Aplicación gratuita de RA que surge como un complemento de la hoja de papel y los lápices de colores. Esta aplicación activa la cámara del dispositivo y escanear dibujos coloreados para mostrar una animación de los mismos en 3D.</p>
<p><b>Zookazam</b> (<a href="http://www.zookazam.com/#home">http://www.zookazam.com/#home</a>)</p>	<p>Aplicación de RA en la que se estudian los animales de una forma especial y divertida ya que se mueven, emiten sonidos y se puede interactuar con ellos, entre otras acciones.</p>
<p><b>Chromville</b> (<a href="https://chromville.com/">https://chromville.com/</a>)</p>	<p>Aplicación educativa basada en una aventura 3D de RA en un universo interactivo donde niñas y niños aprenden divirtiéndose gracias al uso de las nuevas tecnologías.</p>
<p><b>Body Planet</b> (<a href="https://bodyplanet.es/">https://bodyplanet.es/</a>)</p>	<p>Divertida y curiosa aplicación para descubrir todos los secretos del cuerpo humano a través de RA.</p>
<p><b>Zappar</b> (<a href="https://www.zappar.com/">https://www.zappar.com/</a>)</p>	<p>Aplicación que usa marcadores llamados <i>zapcode</i> que proyecta la RA por medio de imágenes, vídeos...</p>
<p><b>Goosechase</b> (<a href="https://www.goosechase.com/">https://www.goosechase.com/</a>)</p>	<p>Aplicación que permite crear búsquedas del tesoro personalizadas con RA.</p>
<p><b>Zapworks</b> (<a href="https://zap.works/">https://zap.works/</a>)</p>	<p>Aplicación que permite crear contenido en realidad virtual y realidad aumentada a través de lanzadores llamados <i>triggers</i>.</p>

Tabla 3. Aplicaciones educativas de RA.

### 5.2.1. RA aplicada al aprendizaje de circuitos eléctricos.

Centrando la cuestión en la temática de este proyecto, es decir, los circuitos eléctricos y sus elementos constituyentes, se pueden destacar los siguientes trabajos:

1. La aplicación **AR Circuits** <sup>[10]</sup> (se puede descargar desde <https://arcircuits.com/>), nacida en 2018, permite construir circuitos empleando marcadores de papel que representan los diferentes componentes del circuito, cobrando vida cuando son observados a través de un *smartphone*, convirtiéndose en modelos 3D con los que incluso se puede interactuar tocando la pantalla.

Una de las funcionalidades que ofrece esta aplicación es que si nos movemos alrededor del circuito, la vista 3D se adapta, dando la sensación de que es posible rodear los componentes que lo forman, como si fuesen reales. Usa un diseño gráfico sencillo que facilita el reconocimiento de los componentes y permite el *multitargeting* (poder visualizar, a la vez, varios modelos en 3D a partir de sus correspondientes marcadores).

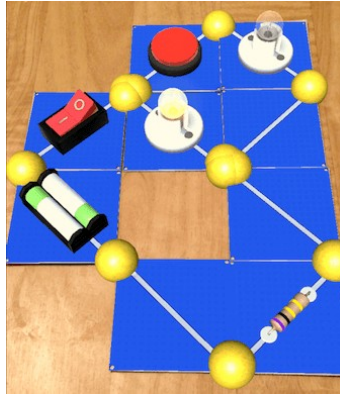


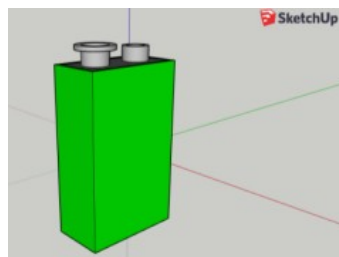
Figura 20. Ejemplo de circuito generado con AR Circuits.

2. Este **trabajo de fin de máster**, presentado en la Universidad Internacional de La Rioja (UNIR), data de 2018 y tiene como objetivo desarrollar una aplicación móvil de RA que se use como herramienta para explicar magnitudes eléctricas (voltaje, corriente eléctrica y resistencia eléctrica). Además, evalúa los beneficios derivados de su utilización por estudiantes de entre 10 y 14 años. <sup>[44]</sup>

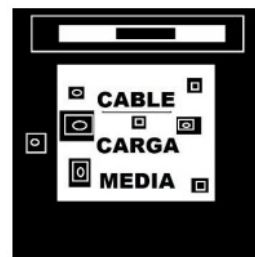
En el proyecto tiene un peso importante la parte didáctica y metodológica seguida para alcanzar el objetivo principal del proyecto. Posiblemente, el desarrollo minucioso de esos apartados haya disminuido el tiempo disponible para el desarrollo de marcadores y modelado 3D.

Los marcadores usados son poco atractivos a la vista y puede que no lleguen a llamar lo suficiente la atención del público a quien va dirigido.

Por último, los modelos 3D utilizados son relativamente sencillos y poco realistas, corresponden a modelos gratuitos descargados desde la galería en línea de Sketchup (3D Warehouse), buena opción si se quiere reducir el tiempo que se debe invertir en el diseño para dedicarlo a otros apartados del proyecto.



(a)



(b)

Figura 21. Ejemplo de modelo 3D (a) para una pila y su marcador (b), extraídos del trabajo de fin de máster presentado en la Universidad de La Rioja.

3. De nuevo un interesante trabajo final de grado de 2019, presentado en la Universidad Técnica del Norte (Ibarra-Ecuador) donde se desarrolla una aplicación de RA para explicar componentes electrónicos básicos. <sup>[48]</sup>

La originalidad del trabajo radica en el hecho de **utilizar un cubo** similar al **Merge Cube**, que es un pequeño cubo de goma con una serie de códigos en cada una de sus caras a través de los cuales se puede convertir cada cara en un modelo tridimensional virtual sobre un dispositivo real (la aplicación se puede descargar desde la web <https://mergeedu.com/cube>).





Figura 22. Funcionamiento de la aplicación Merge Cube.

En el cubo, una de las caras se usa para mostrar el nombre del componente electrónico, otra cara para mostrar su modelo 3D, otra cara para mostrar su símbolo y el resto de caras para aportar información sobre dicho componente.

Por otro lado, es destacable el desarrollo del apartado pedagógico y la forma de evaluación de las actividades realizadas para comprobar el grado de aceptación de esta idea en las aulas.

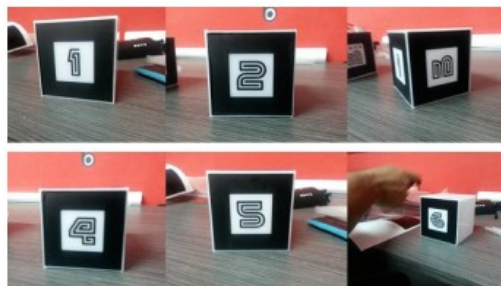


Figura 23. Ejemplo del cubo usado en el proyecto presentado en la Universidad Técnica del Norte.

4. A nivel de estudios de grado, es interesante la aplicación móvil desarrollada por el Centro de Tecnología de Información de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (CTI ESPOL). Gracias a una configuración bajo coste brinda la oportunidad a estudiantes de ingeniería de simular circuitos eléctricos interactuando con elementos físicos y virtuales, mediante RA, en la asignatura de Redes Eléctricas II. [18]

La aplicación móvil, denominada **Circuitos Virtuales APK**, se puede descargar de forma gratuita. Su última actualización data de abril de 2020 ([https://apkcombo.com/es/circuitos-virtuales/com.cti.virtual\\_circuit/](https://apkcombo.com/es/circuitos-virtuales/com.cti.virtual_circuit/)).

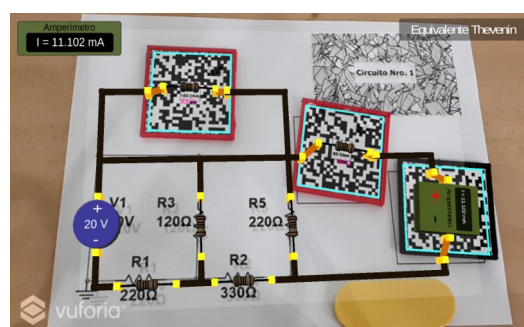


Figura 24. Ejemplo de circuito generado usando Circuitos Virtuales APK.

Aunque es una aplicación interesante por la forma en que se representan los circuitos y se puede interactuar con ellos, el diseño y modelado de los elementos constituyentes del circuito son poco realistas, no dando la sensación de ser una aplicación dirigida a estudiantes de grado.

5. **Electronicar**, aplicación de RA para la enseñanza de circuitos electrónicos básicos, desarrollada en un trabajo final de grado de 2020 presentado en la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia. <sup>[46]</sup>

De este trabajo es destacable el diseño de los marcadores utilizados que dan un salto de calidad, respecto del proyecto comentado en el trabajo de fin de máster, presentado en la Universidad de La Rioja (ver apartado 2 de este punto), al ser más vistosos y agradables a la vista. Aunque, del mismo modo que en el citado proyecto presentado en la Universidad de La Rioja, los modelos en 3D son bastante simples y llama mucho la atención la forma de realizar las conexiones con cables entre los mismos ya que quedan muy artificiales y poco realistas.



Figura 25. Ejemplo de circuito generado por la aplicación Electronicar.

No obstante, es un proyecto que ha servido como punto de partida para el desarrollo de este trabajo final de grado al encajar en gran medida con el objetivo general del mismo.

6. Posiblemente el proyecto más elaborado de los indicados en este trabajo final de grado. Se trata de **InspectAR** una aplicación de RA desarrollada por un grupo de ingenieros que pretendían eliminar los inconvenientes que experimentaron al trabajar en electrónica con placas de circuito impreso (PCB). <sup>[33]</sup>

Su idea, muy original, consiste en una aplicación (disponible para Android e iOS para su descarga en <https://www.inspectar.com/download>, su última versión 2.9.0 está disponible desde hace unos tres meses) que reconoce los diferentes elementos constituyentes que aparecen en la placa de un circuito impreso, los individualiza y aporta información mediante RA sobre su *datasheet*, proveedor, diseño específico... con solo hacer clic en el componente concreto. Todo ello usando la cámara del *smartphone*.

Un trabajo muy completo que queda lejos del alcance de este trabajo de fin de grado (tanto por envergadura del proyecto como público al que va dirigido), pero que sirve como elemento motivador al comprobar las aportaciones que puede hacer la RA en el campo de la electrónica y, en concreto, con los circuitos.



Figura 26. Imagen de una placa con RA superpuesta generada con InspectAR.

### 5.3. Retos de usar RA en educación.

Si bien es cierto que la RA en educación aporta muchos beneficios (ver apartado 5.1, también debe afrontar una serie de retos que podrían suponer una serie de desventajas:

1	Alejar al alumnado del aprendizaje vago (evitar asimilar conceptos ya que la tecnología lo soluciona todo).
2	Asimilar RA a un elemento únicamente lúdico y no orientado hacia el ámbito educativo.
3	Los docentes deben adaptarse y formarse en TIC, métodos pedagógicos emergentes y nuevas tecnologías ya que son parte activa del proceso de enseñanza-aprendizaje y motor del mismo.
4	En cierto casos puede requerir material y dispositivos específicos de coste elevado.
5	La puesta en marcha de iniciativas de RA en centros educativos puede verse limitada por falta de presupuesto.
6	Fatiga ocular, dolores de cabeza... si su tiempo de uso es excesivo.

Tabla 4. Retos de usar RA en educación.

Queda patente que la RA, en general y pese a los retos que debe superar, es un recurso que ofrece muchas posibilidades en diferentes aspectos de la educación (textos, contenidos, metodologías...) y en su utilización en el aula por el profesorado y el alumnado enriqueciendo las experiencias de ambas partes y mejorando el proceso de enseñanza-aprendizaje <sup>[41]</sup> a través de la gamificación <sup>[54]</sup>, haciéndolo más cercano y cooperativo.

## 6. DISEÑO Y DESARROLLO DE LA APLICACIÓN.

### 6.1. Metodología.

Se evaluaron diferentes métodos de gestión del trabajo (Kanban, Scrum, Lean, en cascada o *waterfall*...), valorándose los pros y los contras de cada uno de ellos en función de las características de este proyecto.

<sup>[15,35,51]</sup> Tras la valoración, se optó por la **metodología de desarrollo en cascada o *waterfall***, ideal para proyectos:

1. Que tengan una estructura y unos requisitos claros.
2. Que tengan una visión clara de lo que debería ser el producto final.
3. Donde el concepto y la definición son las claves del éxito (pero no la velocidad).
4. Donde no hay requisitos ambiguos.

En este caso concreto, se usará el método de desarrollo en cascada con realimentación o retroalimentación entre etapas para dotarlo de cierta flexibilidad. De esta forma, se puede volver atrás en cualquier momento para corregir, modificar o depurar algún aspecto si se detecta algún problema en una de las etapas.

Gráficamente, el método de desarrollo escogido sigue este patrón:

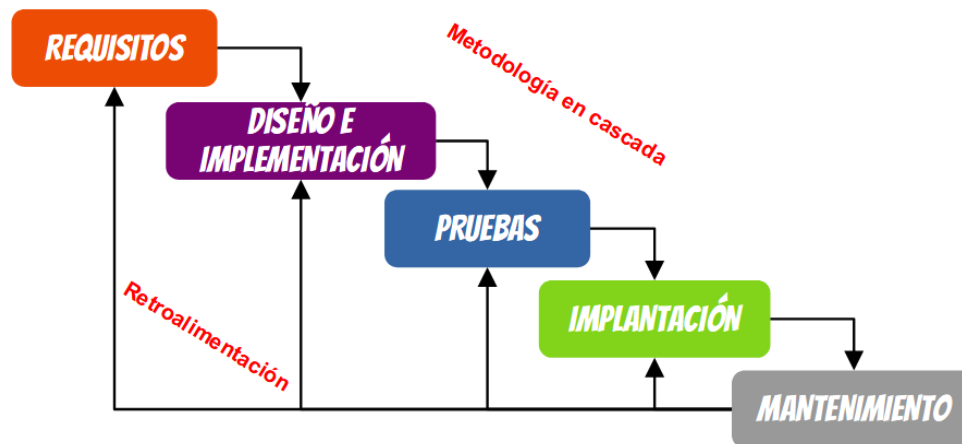


Figura 27. Metodología en cascada con retroalimentación, elaboración propia.

De forma concisa, las **etapas básicas** de esta metodología son:

1. **Requisitos:** durante esta etapa se deben definir los requisitos para el proceso de desarrollo y el resultado final del proyecto. Se analizan los requisitos recopilados y documentados, se exponen dudas y se toman decisiones en pro de un óptimo desarrollo para llegar al resultado final.
2. **Diseño e implementación:** momento de ser creativo mientras se diseñan y se realizan los primeros esbozos del resultado final del proyecto. Se define la organización de la estructura y de todos los elementos necesarios para el desarrollo del proyecto y la relación entre ellos.

A continuación, se realiza una traducción de todos los elementos del diseño, preparados en la etapa previa, al *software* que se vaya a usar y su integración.

3. **Pruebas:** en esta fase se verifica que no existan errores y se va dando forma paulatinamente al producto terminado, comprobando que cumple con los requisitos que se hayan establecido.
4. **Implantación:** el producto está listo para su uso de acuerdo con todos los requisitos inicialmente establecidos y comprobando la calidad del mismo.
5. **Mantenimiento:** hay productos que necesitarán soporte o mantenimiento para la mejora del mismo o solucionar posibles errores, siendo en esta fase donde se da solución a esas situaciones.

En concreto para este proyecto es necesario organizar de manera precisa y estricta cada una de sus etapas para desarrollar tanto la aplicación para *smartphone*, con RA de nivel 1 y de nivel 2, como la unidad didáctica con sus marcadores y *flashcards* (fichas específicamente creadas para facilitar el estudio y realizar un repaso rápido al sintetizar los conceptos más importantes, contener imágenes y diagramas de relevancia...). Además, desde el inicio del proyecto se ha hecho un desglose de las tareas a realizar siguiendo fases secuenciales (apoyado en la planificación de la propia asignatura a través de las PEC).

De esta forma, el inicio de una fase depende de los entregables de la anterior, realizándose previamente un análisis y comprobación del funcionamiento o corrección de cada una de las fases al concluir las, antes de pasar a la siguiente. Esta verificación sirve para detectar los posibles errores y corregirlos antes de avanzar, determinar la viabilidad del proyecto y comprobar si se puede pasar a la siguiente fase o se debe volver a una fase anterior (modelo con retroalimentación).

Por último, indicar que todo el diseño y desarrollo de los entregables (aplicación y unidad didáctica) está centrado en el usuario final, alumnado y profesorado de un centro educativo para la asignatura de Tecnología de 1º de ESO (según establece la normativa vigente <sup>[13]</sup>), lo que ha marcado las características esenciales de marcadores, *flashcards* y modelos 3D a visualizar en la aplicación.

## 6.2. Análisis.

En el apartado 5.2.1. RA aplicada al aprendizaje de circuitos eléctricos se comentaron los trabajos destacados relacionados con el aprendizaje de circuitos eléctricos y sus componentes o elementos constituyentes. Estos trabajos sirvieron como punto de partida y modelos a seguir para el desarrollo de este proyecto, siempre teniendo presente su objetivo principal: **integrar la RA con una unidad didáctica de la asignatura de Tecnología** de 1º de Educación Secundaria Obligatoria (ESO).

En este apartado se va a realizar una comparativa de cada uno de estos trabajos respecto de este proyecto, teniendo en cuenta que la aplicación a desarrollar va unida a una unidad didáctica. Además, hay que tener en cuenta que la aplicación a desarrollar, *elect[AR]*, va a constar de dos partes diferenciadas en cuanto a nivel de RA:

1. Una parte usa RA de nivel 1 en la cual se disponen de 18 marcadores para diferentes componentes de circuitos eléctricos. Estos marcadores se usan como tal o incluidos dentro de *flashcards*.
2. Otra parte usa, de forma novedosa en el ámbito educativo respecto a la enseñanza de circuitos eléctricos, RA de nivel 2.

Los trabajos, comentados en el citado apartado 5.2.1, se identificarán en la tabla comparativa de la siguiente forma:

1. La aplicación AR Circuits como AR Circuits.
2. El trabajo de fin de máster presentado en la Universidad Internacional de La Rioja (UNIR) como TFM UNIR.
3. El trabajo final de grado presentado en la Universidad Técnica del Norte (Ibarra-Ecuador) como TFG UTN.

4. La aplicación móvil desarrollada por el Centro de Tecnología de Información de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (CTI ESPOL) como CTI.
5. La aplicación Electronicar como Electronicar.
6. La aplicación InspectAR como InspectAR.
7. La aplicación desarrollado en este proyecto como electt[AR].

La simbología usada en la tabla comparativa es la siguiente:

✓ corresponde a SI

✗ corresponde a NO

--- corresponde a NO EVALUABLE  
(no se puede evaluar respecto a este proyecto por quedar fuera de su ámbito o no se ha podido obtener dicha información)

	AR Circuits	TFM UNIR	TFG UTN	CTI	Electronicar	InspectAR	electt[AR]
Usa RA de nivel 1	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓
Número de marcadores para RA de nivel 1	9	15	10	---	8	✗	18
Reconoce varios marcadores a la vez	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✗
Usa algún tipo de <i>flashcards</i>	✗	✗	✓	✗	✗	✓	✓
Usa RA de nivel 2	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓
Usa modelos 3D propios	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓
Usa modelos 3D de terceros	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
Nivel de detalle de los modelos 3D	Bajo-medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto
Los modelos 3D presentan algún tipo de animación	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✓
Desarrolla una unidad didáctica completa	✗	✗	✗	✗	✗	---	✓

Tabla 5. Comparativa de trabajos relacionados con el aprendizaje de circuitos eléctricos y sus componentes.

Según lo comentado en el apartado 5.2.1 y tras la comparación realizada, se puede ver como la aplicación a desarrollar en este proyecto presenta una serie de características diferenciadoras, destacables en el ámbito educativo, que son:

1. La cantidad de marcadores diseñados supera al del resto de trabajos lo que conlleva ventajas a la hora de explicar mayor número de componentes de circuitos eléctricos y poder usarlos en RA de nivel 2.

2. Usar *flashcards* con RA incorporada supone una nueva forma de explicar conceptos de circuitos eléctricos y facilitará su posterior estudio.
3. Diseñar modelos 3D con un nivel de detalle alto y con animación ayuda a visualizar todos los detalles del modelo y a asociarlo sin ninguna duda al componente físico real.
4. Desarrollar una unidad didáctica concreta de forma completa para un nivel educativo específico. En este caso, para la asignatura de Tecnología de 1º de ESO.
5. Introducir, junto con RA de nivel 1, RA de nivel 2 o sin marcadores (*markerless*) que no se había introducido en otros trabajos de temática y finalidad similar. Este hecho puede suponer un paso cualitativo en el proceso de enseñanza-aprendizaje y puede abrir un nuevo camino a nivel educativo centrado en RA de nivel 2 y todas sus posibilidades.

En los siguientes apartados se indicarán las herramientas utilizadas para crear contenidos en RA, para el diseño de marcadores y de modelos 3D y las tareas necesarias para exportar tanto marcadores como modelos 3D a la aplicación usada para visualizar contenidos en RA, Vuforia junto a Unity.

### 6.3. Herramientas para creación de contenidos en Realidad Aumentada.

En líneas generales y de forma muy resumida, en este proyecto se ha decidido desarrollar una aplicación para visualizar contenido en RA usando Unity a través del SDK Vuforia y añadir modelos 3D creados desde la aplicación Blender.

En los siguientes apartados se detallarán las herramientas usadas y las tareas necesarias para desarrollar este proyecto y obtener una aplicación de RA funcional para el aprendizaje de circuitos eléctricos.

#### 6.3.1. Unity.



Figura 28. Logotipo de Unity, extraído de <https://unity.com/es>.

[23,43,56] Unity, creado por la empresa Unity Technologies, es un motor de desarrollo para la creación de videojuegos que ofrece multitud de funcionalidades para desarrolladores. El motor gráfico que utiliza es OpenGL para Windows, Mac y Linux, Direct3D para Windows, OpenGL ES para Android e iOS e interfaces propietarias para Wii.

Pero Unity no es solo una herramienta de desarrollo de videojuegos ya que, además, engloba herramientas de *networking* para multijugador, herramientas de navegación *NavMesh* o soporte tanto de Realidad Virtual (RV) como de Realidad Aumentada (RA).

Con Unity se han desarrollado juegos tan famosos como Crossy Road, Hearthstone, Monument Valley o Pokemon Go. También se ha usado para crear experiencias de RV interactivas e incluso miniserias, como “Baymax Dreams”, producida por Disney junto con Unity.

Una de las características más importantes y más cómodas de Unity es que da soporte para la compilación en gran cantidad de plataformas (Android, iOS, Windows, PlayStation4...) y permite crear un juego o aplicación, y de forma muy sencilla, compilarlo para distintas plataformas.

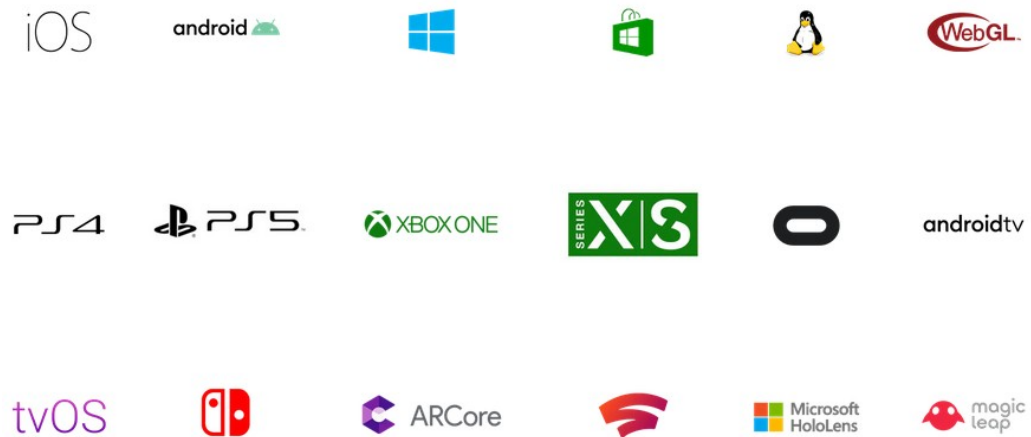


Figura 29. Plataformas soportadas por Unity, extraído de <https://unity.com/solutions/multiplatform>.

Se ha usado Unity como motor para el desarrollo de una aplicación de RA, debido a que:

1. Con una licencia gratuita para uso personal se puede tener acceso a suficientes funcionalidades como para realizar las tareas asociadas al desarrollo de este proyecto.
2. El entorno de trabajo en Unity es amigable a la vista e intuitivo al uso.
3. Usa el lenguaje de programación C# para el desarrollo de los *scripts*, siendo Microsoft Visual Studio el entorno de desarrollo de programación. Además, tanto en la web oficial de Unity como en webs alternativas, hay mucha información al respecto con soluciones diversas a gran número de problemas que puedan plantearse.
4. Se pretende abarcar al mayor número de dispositivos móviles posibles en el mercado y, para ello, se generará la aplicación para el sistema operativo Android. Esta elección se debe a que, según datos de la consultora de tecnología IDC, los dispositivos Android representaron algo más del 84% de las unidades vendidas en 2020, y los iOS de Apple casi el 16% restante.



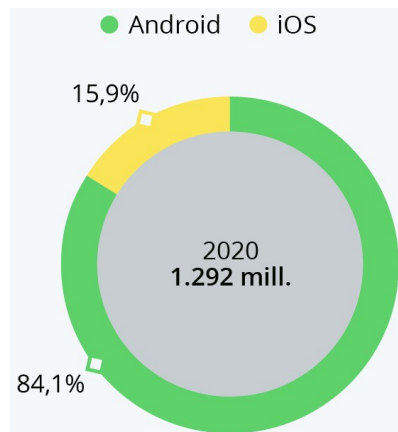


Figura 30. Cuota de mercado de *smartphones* por sistema operativo, adaptada de <https://es.statista.com/grafico/18920/cuota-de-mercado-mundial-de-smartphones-por-sistema-operativo/>.

Por último, indicar que la versión usada de Unity, la 2020.3.13f1, es la que estaba disponible en el momento de su descarga y que en la sección Anexos de esta memoria se adjunta un manual de instalación de Unity.

### 6.3.2. Vuforia.



Figura 31. Logotipo de Vuforia, extraído de <https://medium.com/@ilkengin/vuforia-engine-9-1-is-available-you-can-now-switch-between-cameras-dynamically-108578892dfd>.

[52,53,55] Vuforia es un kit de desarrollo de software o SDK (*Software Development Kit*) para la creación de contenido en el campo de la RA y RM, multiplataforma (Android, iOS y Windows), con soporte para la mayoría de *smartphones*, *tablets* y gafas virtuales. Las aplicaciones desarrolladas usan la pantalla de un dispositivo para superponer imágenes, objetos virtuales... en objetos del mundo real a través de la cámara del dispositivo. La integración de Vuforia en Unity, a partir de su versión 2017.2, facilita enormemente el desarrollo de experiencias en RA.

Todas las funcionalidades son gratuitas, pero la versión libre incluye una marca de agua del logo de Vuforia al ejecutar la aplicación.

Con Vuforia, por ejemplo, se han desarrollado por Infiniti y Mercedes Benz aplicaciones para *smartphone* para mostrar información contextualizada de sus vehículos a la potencial clientela.

Vuforia permite el reconocimiento de varios tipos de marcadores o *targets*:

## Add Target

Type:

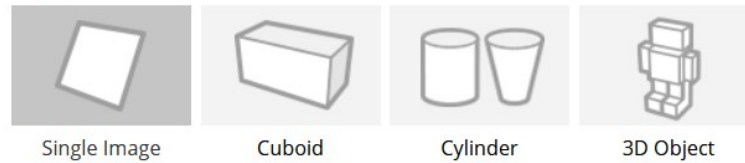


Figura 32. Marcadores reconocidos por Vuforia, extraído de <https://developer.vuforia.com/>.

1. **Single Image**: consiste en imágenes individuales que Vuforia puede detectar y seguir gracias a sus características (features). La combinación de varios marcadores de este tipo de denominan marcadores múltiples o *multitargeting* (que pueden ser detectados simultáneamente en una misma escena y en tiempo real).
2. **Cuboid**: son marcadores referidos a objetos con forma cúbica o rectangular, como una caja de zapatos.
3. **Cylinder**: son marcadores referidos a objetos con forma cilíndrica, como una botella.
4. **3D Object**: consiste en objetos reales escaneados en 3D mediante la aplicación Vuforia Object Scanner (se verá con detalle en el apartado 6.8).

Aunque se tratará con mayor detalle en el siguiente apartado 6.4, el funcionamiento básico de Vuforia consiste en detectar y realizar un seguimiento de las características naturales de un *target* (usando tecnología de visión artificial) y compararlas con las de marcadores registrados en una base de datos (previamente generada, descargada e integrada en Unity).

Cuando el marcador es detectado e identificado, se mantiene su seguimiento de forma que la persona que usa dicho dispositivo puede alejarse, acercarse y observar el modelo en 3D con detenimiento enfocándolo desde diferentes ángulos y distancias, siempre y cuando esté dentro del rango mínimo de visión capturado por la cámara del dispositivo.

Se ha usado esta herramienta para este proyecto por la facilidad de integración con el entorno de Unity y la extensa documentación que hay disponible que ayuda a solucionar cualquier problema que pueda surgir.

Por último, indicar que la versión usada de Vuforia corresponde al *package* 10.2.5, una de las últimas y, además, no generó problemas de integración con Unity y permitió usar las funcionalidades de la ARCamera. En la sección Anexos de esta memoria se adjunta un manual de instalación de Vuforia.

## 6.4. Diseño de marcadores y de *flashcards*.

### Diseño de marcadores

Antes de empezar a pensar en el diseño propiamente dicho de los marcadores o *targets*, es necesario hacer unas recomendaciones que mejorarán el producto final

obtenido en esta fase del proyecto y ayudarán a minimizar errores a corregir a posteriori.

En primer lugar, las imágenes que se usen como marcadores o *targets* deben tener unas características que sean fáciles de reconocer por Vuforia (herramienta integrada en Unity que se usará para el reconocimiento de *targets*) y, así, que la aplicación funcione correctamente.

Cada marcador se reconoce por Vuforia al establecerse unos puntos de referencia que identifican ese marcador de forma individualizada al ser captado por la cámara del dispositivo. Esos puntos de referencia, basados en el propio contraste de la imagen usada, aparecen indicados con una cruz amarilla una vez se ha subido el marcador, como *Single image*, en la base de datos generada en la web de Vuforia.

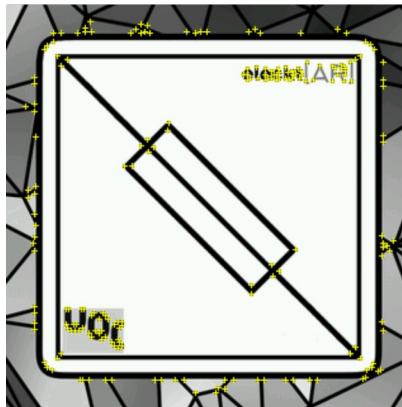


Figura 33. Puntos de referencia para el marcador, definitivo, correspondiente al fusible (elect[AR]).

Según lo indicado, para que la imagen sea reconocida con facilidad por Vuforia es recomendable que sea rica en detalles, que haya contraste entre diferentes regiones, que esté bien iluminada y que no contenga patrones repetitivos (ni dentro de la propia imagen ni con otras imágenes que puedan usarse en la misma base de datos de Vuforia).

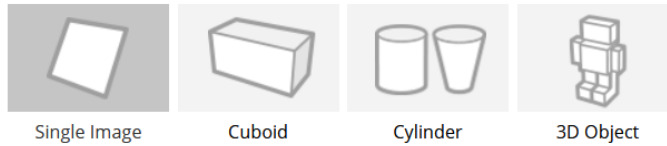
También es importante a la hora de reconocer un marcador que las condiciones de iluminación del entorno donde se vaya a ejecutar la aplicación sea adecuada para facilitar el reconocimiento del marcador.

Generado un marcador siguiendo las indicaciones realizadas, hay que tener en cuenta una serie de requisitos para subir la imagen de dicho marcador a la web de Vuforia (Vuforia Developer Portal, <https://developer.vuforia.com/>), que son:

1. El fichero que contiene la imagen debe tener formato .jpg o .png y un tamaño máximo de 2 MB.
2. Se debe dar un valor a *Width* (anchura) que corresponde al tamaño que tendrá la imagen en la escena del programa donde se suba, en este caso a Unity.
3. Se debe dar un nombre, al fichero que contiene la imagen, único para cada *target* que se use en esa base de datos

## Add Target

Type:



File:

.jpg or .png (max file 2mb)

Width:

Enter the width of your target in scene units. The size of the target should be on the same scale as your augmented virtual content. Vuforia uses meters as the default unit scale. The target's height will be calculated when you upload your image.

Name:

Name must be unique to a database. When a target is detected in your application, this will be reported in the API.

Figura 34. Requisitos para subir una Single Image a Vuforia.

Una vez subida correctamente la imagen en el gestor de marcadores de Vuforia, dicha imagen se evalúa con un *Rating* que va de 0 a 5 estrellas, lo que marca la idoneidad y viabilidad de dicha imagen para ser reconocida.

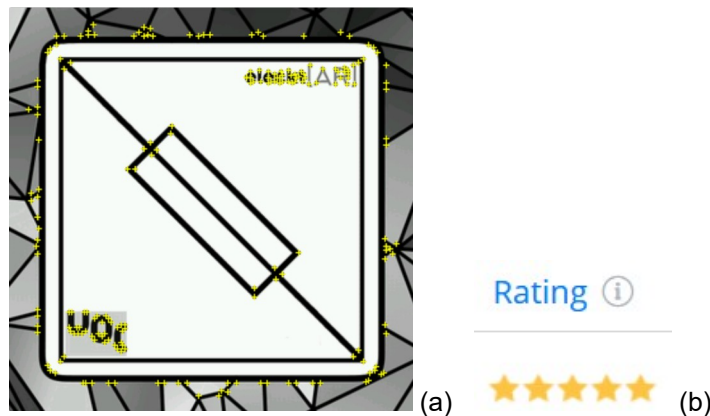


Figura 35. Puntos de referencia del marcador para fusible (a) y su *rating* (b) según Vuforia.

Es importante saber que aunque marcadores con una puntuación baja (hasta 2 estrellas) pueden ser detectados, es recomendable que su puntuación sea superior a 4 estrellas para facilitar el reconocimiento individualizado de cada marcador, evitar problemas de confusión entre marcadores y, en definitiva, crear experiencias de mayor calidad.

Debido al *rating* y teniendo en cuenta todo lo indicado, se hicieron varias pruebas con los marcadores pasando por varios modelos diferentes hasta llegar a los 18 modelos finales que aparecen en el anexo correspondiente a la unidad didáctica, al final de este documento.

El diseño de los marcadores, también incluidos como parte esencial en las *flashcards*, se centra en los símbolos internacionales de los diferentes componentes usados en circuitos eléctricos y que aparecen tanto en la unidad didáctica como en la aplicación.

A partir de esos símbolos se realizan una serie de modificaciones, usando Photoshop (como se comentará en el apartado 6.4.1), para facilitar el reconocimiento de los mismos por parte la aplicación usada para ello. En concreto, se realizaron las siguientes modificaciones:

1. Se añadió un doble borde como marco que delimitaba el símbolo del componente.
2. Se añadió un fondo de diversos colores alrededor del marco.
3. Se marcaron con líneas negras las líneas de cambio entre colores del fondo.
4. Se añadieron los logotipos de la aplicación electk[AR] y de la Universitat Oberta de Catalunya (UOC).

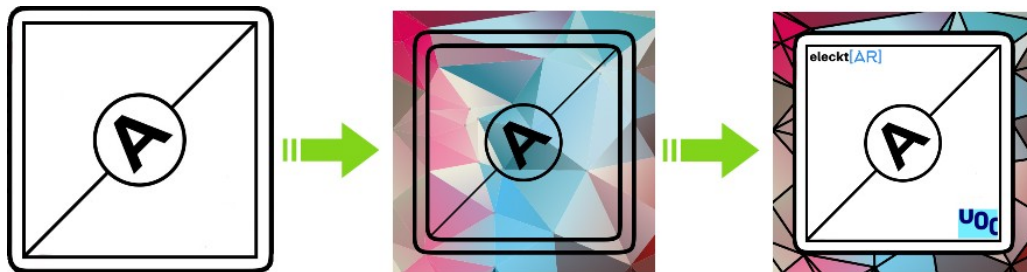


Figura 36. Evolución del diseño del marcador para amperímetro de electk[AR].

### Diseño de *flashcards*

Las *flashcards* toman como base de su diseño los 18 marcadores usados en la aplicación, por tanto, el diseño de las *flashcards* ha sido más laborioso en cuanto al propio diseño de la *flashcard* que respecto del marcador y los problemas que pudiese llevar asociado (en este caso no implicaba ningún problema ya que dichos marcadores ya estaban diseñados en una fase previa y eran totalmente operativos con un *rating* de 5 estrellas según Vuforia).

A continuación, se adjunta el boceto original de las *flashcards* usado como base para el diseño y desarrollo de los modelos definitivos.

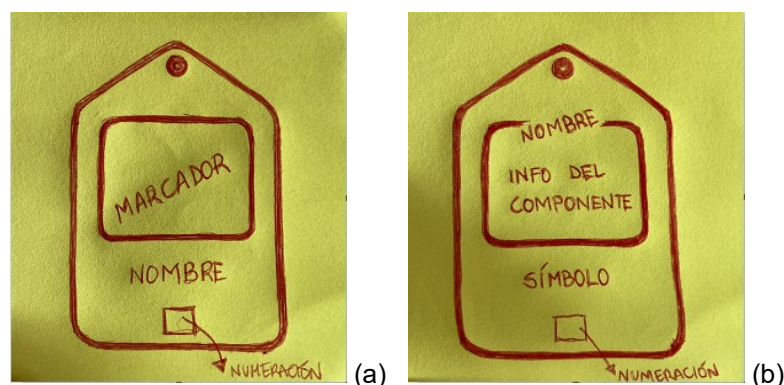


Figura 37. Boceto original para las *flashcards* anverso (a) y reverso (b), elaboración propia.

En la siguiente imagen ya se puede comprobar el resultado final en la *flashcard* para el amperímetro (anverso y reverso):

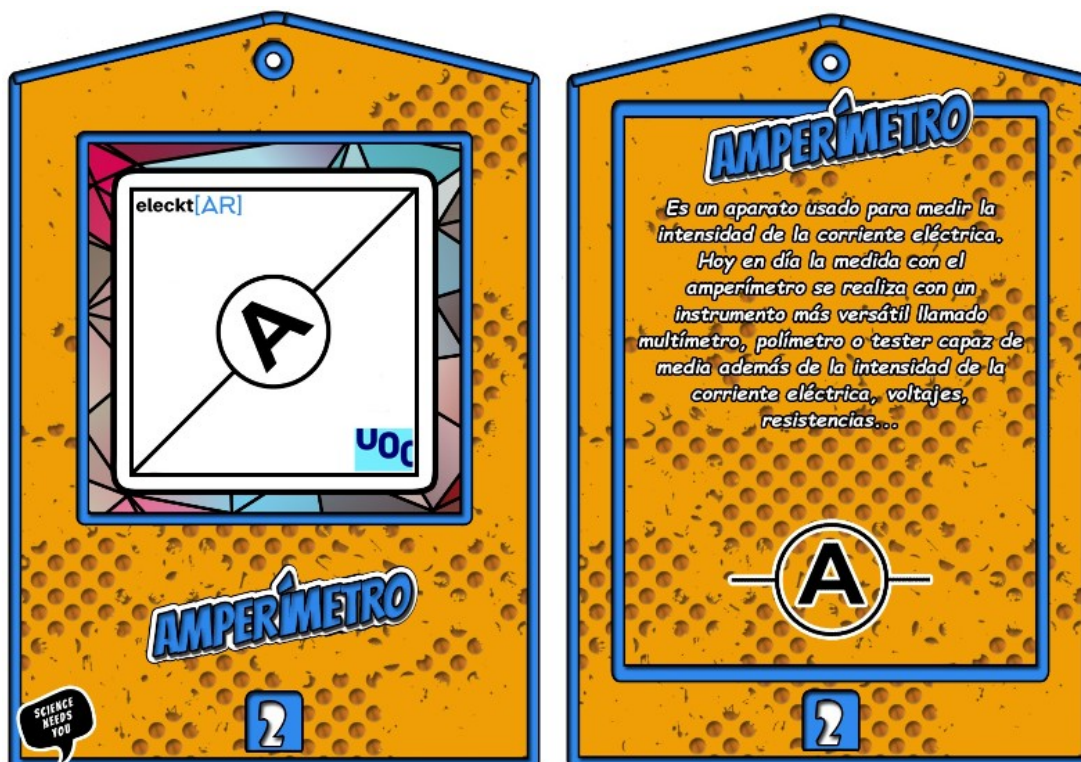


Figura 38. Modelo definitivo de *flashcard*, por ambas caras, para amperímetro.

Respecto al diseño de las *flashcards*, indicar que tiene incluido el marcador usado para que pueda usarse con la aplicación (en el anverso), el símbolo internacional para el componente del circuito que se va a visualizar y una breve descripción de dicho componente (los dos últimos en el reverso).

El diseño trata de ser útil como tarjeta educativa y enfocado a las personas que las van a usar, es decir, alumnado y profesorado que cursen/imparten la asignatura de 1º de Tecnología de la ESO.

Por último indicar que, tras diversas pruebas, se ha comprobado que la distancia más adecuada para enfocar tanto los marcadores como las *flashcards* (que tienen integrados los marcadores) es de 25 a 30 cm para marcadores entre 6x6 y 8x8 cm de ancho por largo.

#### 6.4.1. Photoshop/Gimp.

Para poder diseñar y obtener los marcadores necesarios para la aplicación *electk[AR]* se usó el editor de fotografías **Photoshop** <sup>[24]</sup>. Gracias a las funcionalidades que incorpora, desde la versión CS6, sirve para hacer montajes, manipular, modificar, editar y retocar imágenes o fotos digitalizadas; así como, agregar tipografías a las imágenes, corregir errores y diseñar todo tipo de formato publicitario.



Figura 39. Logotipo de Photoshop, extraído de <https://www.adobe.com/es/products/photoshop.html>.

Hasta el momento, todos los programas mencionados tienen una versión libre que permite alcanzar los objetivos fijados en este proyecto; en cambio, Photoshop es un programa de pago. La elección de este programa se debe a que se trabaja de forma asidua con el mismo y no requiere ningún tipo de aprendizaje (como sucede con el resto de programas utilizados).

Ahora bien, para no perder la idea de obtener el producto final usando únicamente *software* libre, se puede sustituir el programa indicado por **Gimp**, una gran alternativa gratuita y libre.



Figura 40. Logotipo de Gimp, extraído de <https://www.gimp.org/>.

[6] Gimp (GNU Image Manipulation Program) es un programa ideal para retocar, componer y editar imágenes. Los usos típicos incluyen creación de gráficos y logos, recorte y modificación de fotografías digitales, modificación de colores, combinación de imágenes usando capas, eliminación o alteración de elementos no deseados en imágenes o conversión entre distintos formatos de imágenes.

## 6.5. Exportación de marcadores a Unity.

Con los marcadores creados en formato .jpg, ya se pueden añadir los mismos en la base de datos de Vuforia. Para ello se accede al portal de desarrollo de Vuforia, <https://developer.vuforia.com/>, y se hace *Log in* (para identificarnos).

Tras la identificación, se pincha sobre *Target Manager* para acceder a la base de datos, que se ha nombrado como *electkAR*, donde se subirán los marcadores.

Database	Type	Targets	Date Modified
electkAR	Device	19	Dec 04, 2021

Figura 41. Acceso a *Target Manager* en la web de Vuforia.

Se van subiendo uno a uno los marcadores, seleccionando *Single Image*:

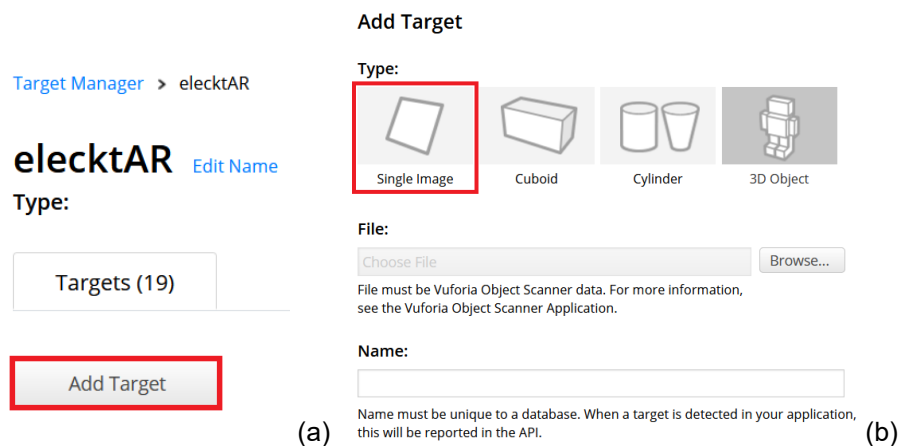


Figura 42. Añadir un nuevo *target* en la base de datos de la web de Vuforia (a) y elección del tipo de *target* (b).

Se comprueba que los marcadores han subido correctamente y su *Rating*:

<input type="checkbox"/>		resistencia4_2	Single Image	★★★★★	Active	Nov 07, 2021 23:49
<input type="checkbox"/>		resistencia4	Single Image	★★★★★	Active	Nov 07, 2021 23:49
<input type="checkbox"/>		pila4	Single Image	★★★★★	Active	Nov 07, 2021 23:48
<input type="checkbox"/>		motor4	Single Image	★★★★★	Active	Nov 07, 2021 23:48
<input type="checkbox"/>		led	Single Image	★★★★★	Active	Nov 07, 2021 23:47
<input type="checkbox"/>		interruptor_cerrado4	Single Image	★★★★★	Active	Nov 07, 2021 23:47
<input type="checkbox"/>		interruptor_abierto4	Single Image	★★★★★	Active	Nov 07, 2021 23:47
<input type="checkbox"/>		fusible4	Single Image	★★★★★	Active	Nov 07, 2021 23:46
<input type="checkbox"/>		condensador4	Single Image	★★★★★	Active	Nov 07, 2021 23:46
<input type="checkbox"/>		cable4	Single Image	★★★★★	Active	Nov 07, 2021 23:46
<input type="checkbox"/>		bombilla4	Single Image	★★★★★	Active	Nov 07, 2021 23:45

Figura 43. Comprobación que los marcadores han subido correctamente en la base de datos de Vuforia.

A continuación, se descarga el fichero de la *Database* pinchando sobre el icono *Download Database (All)* y seleccionando la opción *Unity Editor*.

Por último, para exportar los marcadores a Unity, se debe hacer doble click sobre el fichero generado de nombre *\*.unitypackage* con Unity abierto y la exportación se realiza automáticamente tras pinchar sobre *Import* en la ventana que se abrirá similar a la siguiente:



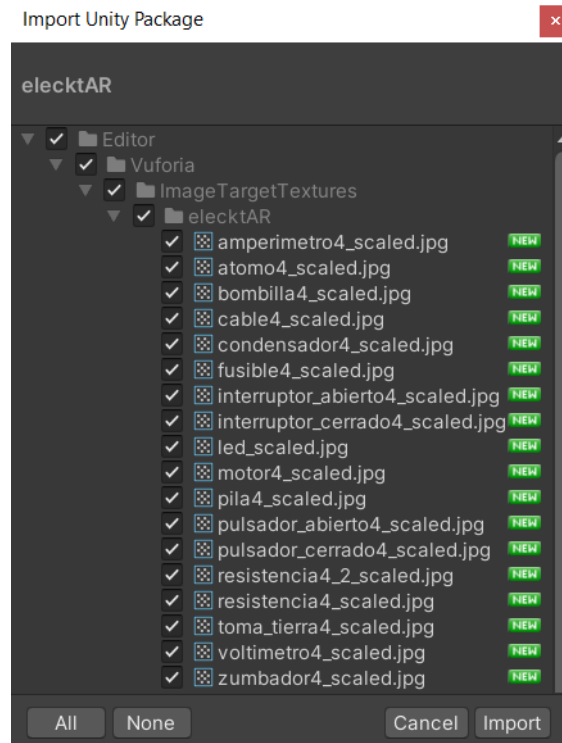


Figura 44. Exportación de marcadores a Unity.

Las actualizaciones en la base de datos correspondientes a nuevos *targets* aparecen indicadas con un icono verde con el texto NEW.

## 6.6. Diseño de modelos en 3D.

En este apartado se explicará el diseño de los modelos 3D y la elección del programa usado para ello, en este caso, Blender.

Como una de las finalidades del proyecto es que todo el material que genere (aplicación, unidad didáctica...) sea de libre distribución y gratuito para la comunidad educativa, se optó por crear los modelos 3D de los componentes de los circuitos eléctricos desde cero.

Aunque esta elección unida al hecho que se carecía de experiencia en el uso del citado programa, suponía más horas de trabajo, daba la ventaja de ser gratuito para cederlo a la comunidad educativa y poder adaptar los modelos 3D a los contenidos que se abordan en la asignatura de Tecnología con un nivel de detalle y precisión elevado y realista.

### 6.6.1. Blender.

Al contrario que con los programas usados para RA (Unity y Vuforia) de los que ya se tenía información de los mismos, sobre programas de modelado 3D se carecía de información previa. Esta carencia hizo necesario realizar un estudio de los programas existentes, sus pros y sus contras, y su utilidad para este

proyecto. Algunos de los que se evaluaron aparecen reflejados en la siguiente tabla: [5,12]

	3DS Max	Blender	Cinema 4D	Maya	ZBrush
	 3DS MAX			 AUTODESK MAYA	
Precio	De pago	Gratuito	De pago	De pago	De pago
Código	Propietario	Abierto	Propietario	Propietario	Propietario
Dificultad de uso	Elevada	Elevada solo al inicio	Baja	Elevada	Elevada
Interfaz de usuario	En todos los casos se suelen calificar de intuitivas y amigables, con la posibilidad de configurarse según su usuario/o.				
Opera en	Windows	Linux, macOS y Windows	MacOS y Windows	Linux, macOS y Windows	MacOS y Windows

Tabla 6. Comparativa de programas para modelado 3D.

El programa seleccionado tras la evaluación inicial fue **Blender**.



Figura 45. Logotipo de Blender, extraído de <https://www.blender.org/>.

Este programa es una *suite* de creación de contenido 3D totalmente integrada y gratuita, que ofrece una amplia gama de herramientas como modelado, renderizado, animación y *rigging*, edición de vídeo, composición, texturizado, y ciertos tipos de simulaciones.

La elección de este programa se debe, además de ser gratuito, a las ventajas adicionales que aporta:

1. Tiene soporte y actualizaciones gratuitas.
2. Integra multitud de herramientas y es un gran competidos con programas similares, muchos de ellos de pago.
3. Soporta diferentes tipos de formatos.
4. Es multiplataforma (se ejecuta en sistemas Linux, macOS y Windows).
5. Permite importar y exportar formatos a otros programas. Por ejemplo, los modelos 3D creados con Blender se pueden exportar fácilmente a Unity.
6. Es muy ligero.
7. Es muy sencillo de manipular, hay mucha documentación y una gran comunidad de desarrolladores.

En la sección Anexos de esta memoria se adjunta un manual de instalación de Blender.

## 6.7. Exportación de modelos en 3D de Blender a Unity.

Blender guarda los modelos 3D creado sen **formato .blend**. En la siguiente figura se muestran los modelos 3D generados para la aplicación elect[AR] y su formato:
























Nombre	Tipo
 amperimetro.blend	Blender File
 atomo.blend	Blender File
 bombilla.blend	Blender File
 cable.blend	Blender File
 condensador.blend	Blender File
 etiqueta.blend	Blender File
 fusible.blend	Blender File
 fusible2.blend	Blender File
 fusible3.blend	Blender File
 interruptorabierto.blend	Blender File
 interruptorcerrado.blend	Blender File
 led.blend	Blender File
 margenes.blend	Blender File
 motor.blend	Blender File
 pilas.blend	Blender File
 pulsadorabierto.blend	Blender File
 pulsadorcerrado.blend	Blender File
 resistencia.blend	Blender File
 textos_labhome.blend	Blender File
 textos_labhome_2.blend	Blender File
 toma_tierra.blend	Blender File
 voltimetro.blend	Blender File
 zumbador.blend	Blender File

Figura 46. Listado de modelos 3D generados en Blender.

Este formato no se puede exportar directamente a Unity por lo que cada modelo 3D debe guardarse con un formato compatible con Unity, en este caso, **formato .fbx**.

Para guardar en formato .fbx se tiene que abrir el modelo 3D en formato .blend en Blender y seleccionar todas las partes que se quieren exportar del modelo 3D (cada parte seleccionada aparecerá con un borde naranja a su alrededor). A continuación, desde la barra de herramientas, se pincha sobre Archivo » Exportar » FBX (.fbx).

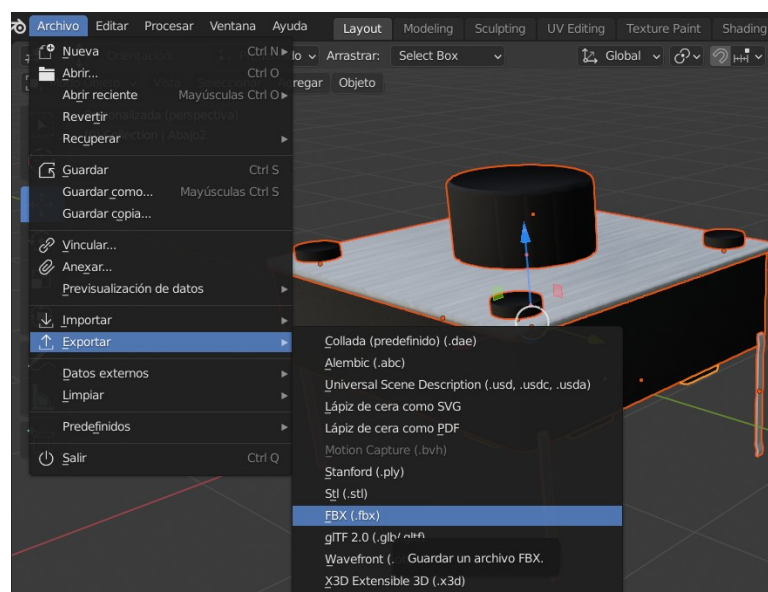


Figura 47. Exportar un objeto 3D de Blender con formato .blend a formato .fbx (parte 1).

En la ventana que se abre se deben realizar unos ajustes para que las texturas se exporten junto con el archivo .fbx generado. En concreto, se debe cambiar *Modo de rutas* a Copiar, *Limit to* a Objetos seleccionados y, por último, nombrarlo y guardarlo en la ubicación deseada.

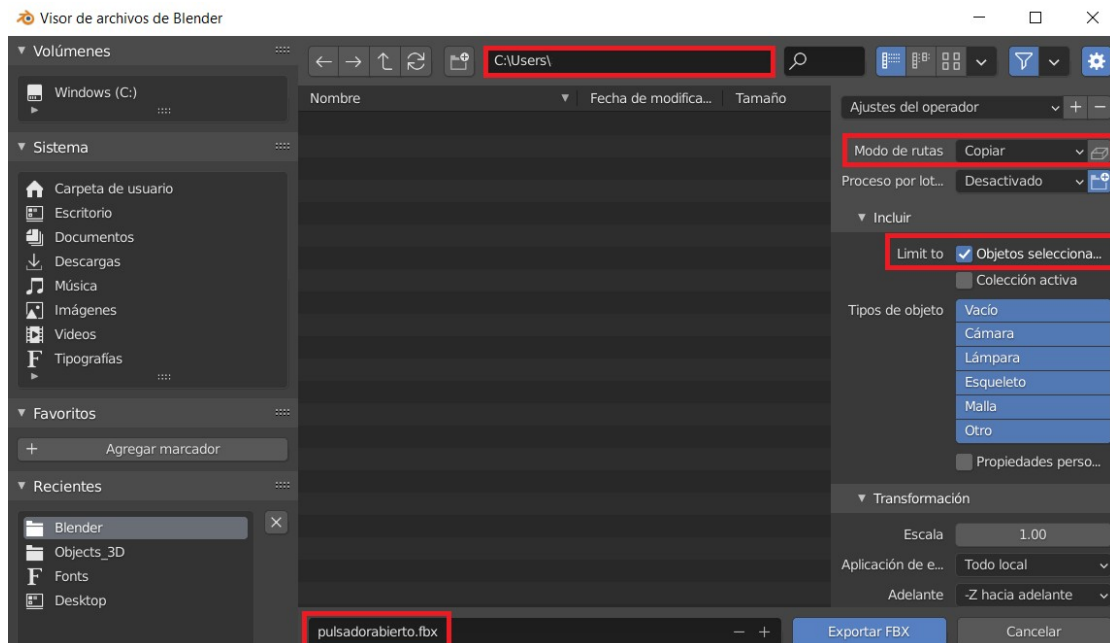


Figura 48. Exportar un objeto 3D de Blender con formato .blend a formato .fbx (parte 2).

Si en el momento de guardar el fichero con formato .fbx se guarda directamente en la carpeta del proyecto de Unity que contiene los modelos 3D, las posibles modificaciones y actualizaciones del modelo que se hagan y se guarden (desde Blender), se actualizarán automáticamente al abrir el proyecto en Unity.

El archivo .fbx ya se puede exportar a Unity, para ello hay dos formas sencillas de hacerlo:

1. En el proyecto de Unity, dentro de la carpeta *Assets*, es aconsejable crear una carpeta donde guardar los modelos 3D. Se accede a dicha carpeta y pulsando con el botón derecho del ratón se selecciona *Import New Asset*, tras esto se selecciona el modelo 3D, se pulsa sobre *Import* y se acaba el proceso.

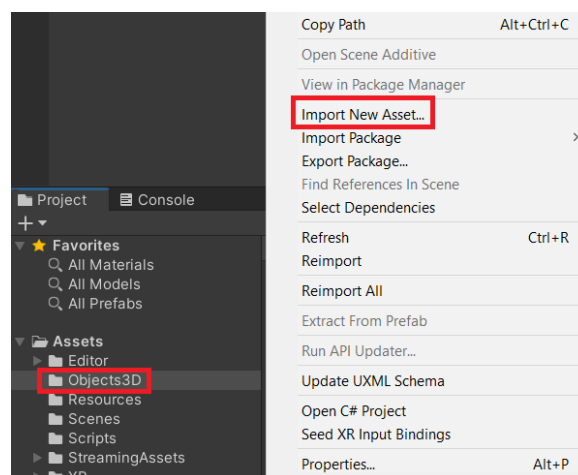


Figura 49. Exportar modelo a Unity mediante *Import New Asset*.

2. Con Unity abierto y funcionando, se arrastra directamente el modelo 3D en formato .fbx, desde la ubicación donde esté guardado, a la carpeta en el proyecto de Unity donde están los modelos 3D y se acaba el proceso.

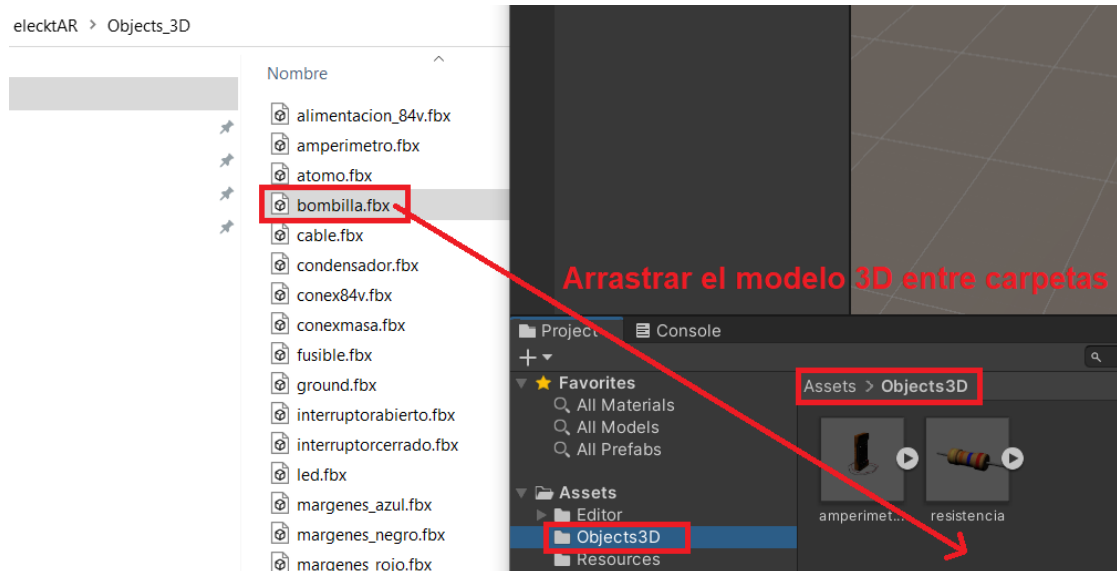


Figura 50. Exportar modelo a Unity arrastrando el modelo entre carpetas.

En ambos casos, si el proceso ha funcionado correctamente se comprobará que aparece una miniatura del modelo 3D en la carpeta de Unity.

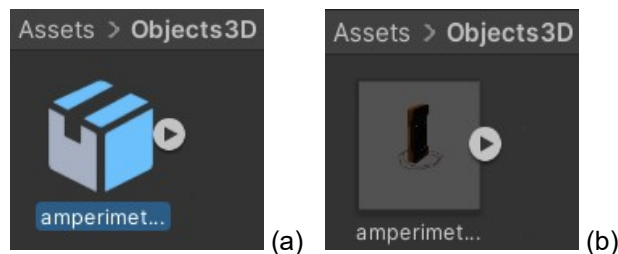


Figura 51. Modelo 3D en proceso de subida a Unity (a) y subido (b).

## 6.8. Integración de modelo 3D con su marcador (RA de nivel 1).

En los apartados 6.5 y 6.7, se ha visto como se han exportado a Unity tanto los marcadores (creados con Photoshop) como los modelos 3D (creados con Blender), respectivamente.

En este apartado se van a detallar los pasos para integrar dentro del proyecto de Unity cada modelo 3D con su marcador.

### Primer paso: crear un *Image target* en la *ARCamera* de Unity con un marcador

En Unity desde la ventana de jerarquía (columna de la izquierda, *Hierarchy*), se pincha con el botón derecho del ratón sobre *ARCamera»Vuforia Engine»Image Target*, para

incluir un nuevo marcador. Dentro de ARCamera aparecerá un nuevo objeto denominado *Image Target* al que se le cambiará el nombre y se le asociará un marcador.

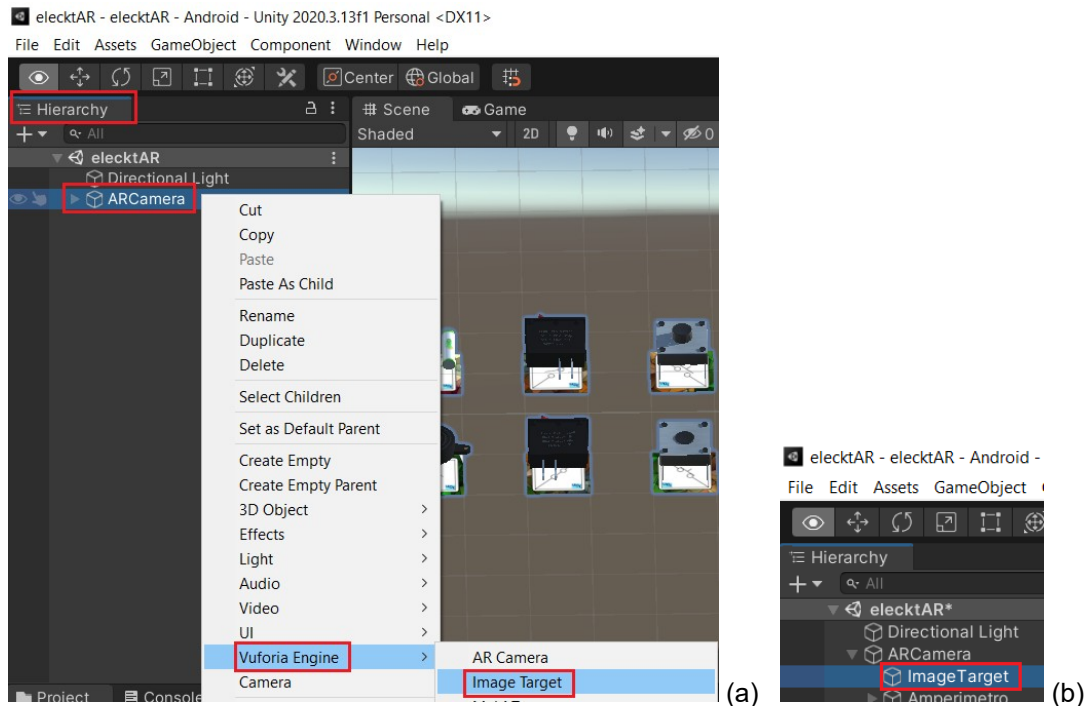


Figura 52. Crear un nuevo *Image target* en Unity (a) y (b).

Para asociar el marcador en la ventana del inspector (columna de la derecha, *Inspector*), se pincha sobre *Image Target Behaviour (Script)* y se realizan los siguientes cambios:

1. En *Type*, se cambia From Image por From Database.
2. En *Database*, se selecciona la base de datos creada en Vuforia con los marcadores a usar en este proyecto. En este proyecto, se selecciona la base de datos electkAR.
3. En *Image Target*, se selecciona el marcador correspondiente de los que se han subido en la base de datos creada en Vuforia.

En la parte inferior de la ventana del inspector aparecerá una esfera donde se puede apreciar, alrededor de la misma, el marcador seleccionado. Pinchando con el ratón sobre esta imagen, se puede rotar para comprobar que se visualiza correctamente.

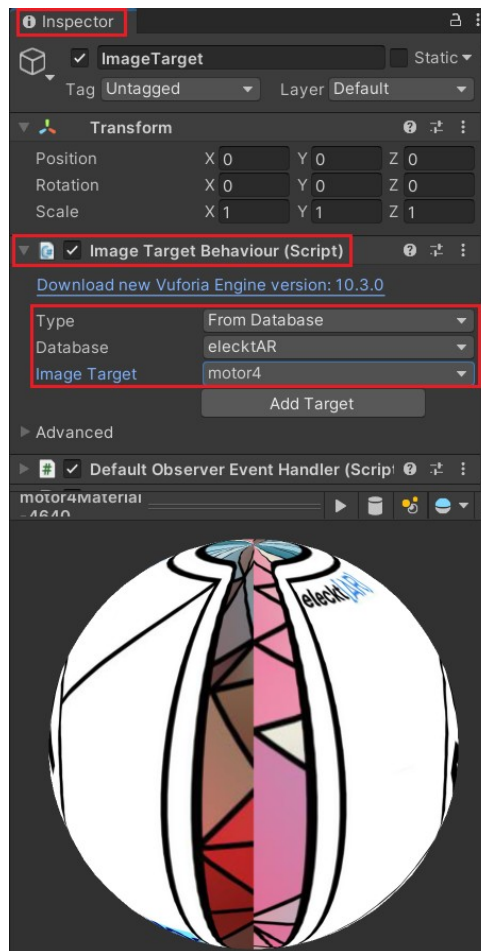
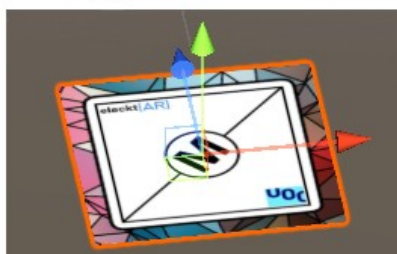


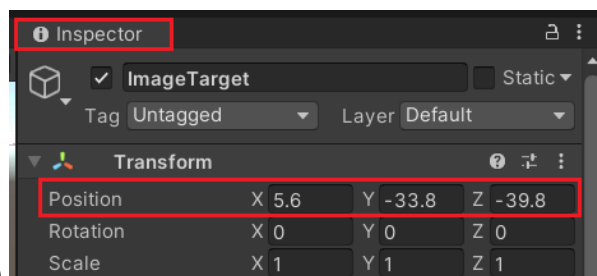
Figura 53. Asociar un marcador de la base de datos creada en Vuforia con un *Image Target* de Unity.

Tras esto en la vista de escena (la parte central, *Scene*) aparecerá el marcador que se podrá situar en la posición deseada de la escena bien utilizando la herramienta *Move Tool* (situada en la parte superior izquierda que al activarse hacen que aparezca una representación de los ejes XYZ) o directamente modificando los valores de *Position* (XYZ) en la ventana del inspector.

File Edit Assets GameObject Compon



(a)



(b)

Figura 54. Situar un *image target* en la escena de Unity usando *Move Tool* (a) o usando *Position* (XYZ) (b).

Esta acción se debe repetir tantas veces como marcadores se quieran incluir como *Image Target* en la escena de Unity.

## Segundo paso: integrar el modelo 3D con el *Image target* creado

Este es un paso sencillo ya que en el apartado 6.7, se habían subido los modelos 3D en formato .fbx al proyecto de Unity y se habían guardado en una carpeta denominada *Objects3D* dentro de *Assets*.

Desde la carpeta *Objects3D* basta con pinchar sobre el modelo3D que se quiere asociar al *Image Target* y arrastrarlo hasta el objeto que se ha creado como *Image Target* en la ventana de jerarquía (*Hierarchy*).

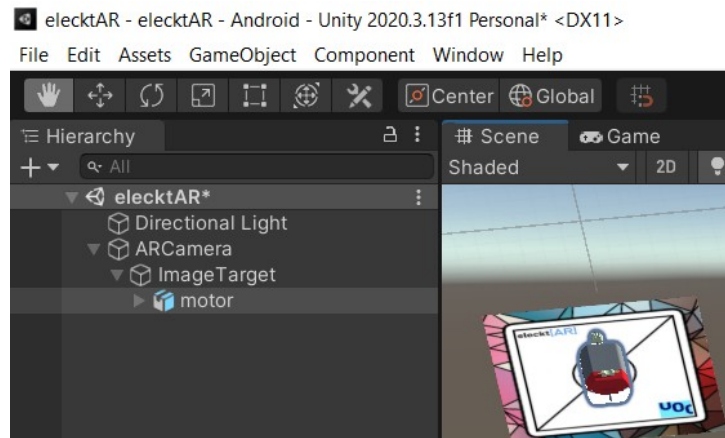


Figura 55. Modelo 3D para motor integrado con su *image target* en Unity.

Desde la ventana del inspector (*Inspector*) se pueden modificar la posición del objeto 3D, *Position (XYZ)*, su rotación, *Rotation (XYZ)* o su escala, *Scale (XYZ)* para adaptarlo a las necesidades del proyecto.

Esta acción se debe repetir tantas veces como modelos 3D se quieran integrar con su *Image Target* en la escena de Unity.

## 6.9. Escaneo de objetos 3D y exportación a Unity (RA de nivel 2).

El reconocimiento de objetos 3D permite crear elementos virtuales mediante el escaneo de objetos físicos reales permitiendo desarrollar aplicaciones de RA de nivel 2 (sin marcadores o *markerless*) que abren un amplio abanico de posibilidades en el ámbito de la RA. De esta forma, se pueden crear experiencias innovadoras e interactivas especialmente dentro del ámbito de aplicación de este proyecto, es decir, a nivel educativo.

Tal como se ha indicado en el apartado 6.4 la aplicación **electkt[AR]** se ha generado para la **versión de Android 9.0 Pie** (API level 28) ya que es la versión mínima necesaria para soportar realidad aumentada sin marcador (RA de nivel 2).

En la prueba de realidad aumentada sin marcador, se ha usado la *protoboard* <sup>[37]</sup> que facilitó la UOC para la asignatura de Teoría de Circuitos.



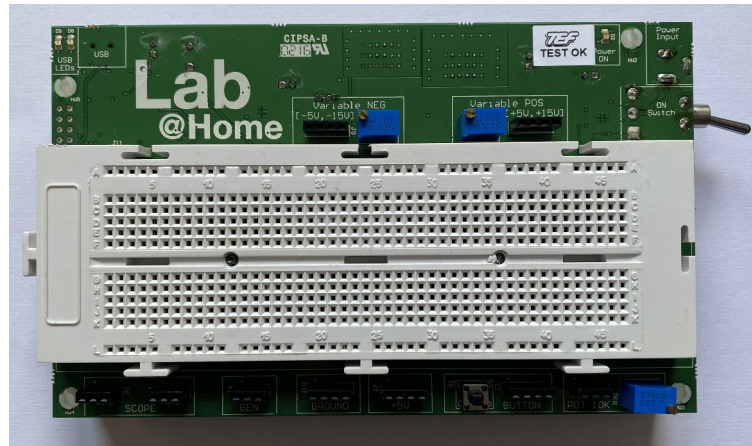


Figura 56. Protoboard usada para RA de nivel 2 o *markerless*.

Dicha *protoboard* se escanea en 3D usando la aplicación **Vuforia Object Scanner**, disponible para Android, y que se puede descargar desde la web de Vuforia a través del siguiente enlace: <https://developer.vuforia.com/downloads/tool>

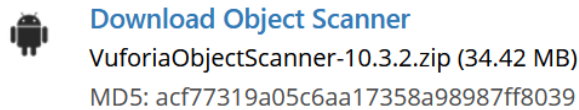


Figura 57. Descarga de la aplicación Vuforia Object Scanner.

En el mismo enlace aparece una nota indicando aquellos dispositivos que son compatibles con dicha aplicación.

La *protoboard* se ha escaneado sin ningún componente montado en la misma (no aparece ninguna resistencia, led o similar) ya que así su reconocimiento, en estas condiciones, facilita el trabajo posterior.

De esta forma y al usarse la *protoboard* como objeto 3D a escanear, cuando se enfoca a la *protoboard* con el *smartphone* la aplicación la reconoce y dispara la RA creada que, en este caso, corresponde a un sencillo circuito eléctrico con un par de resistencias en serie y un led verde.

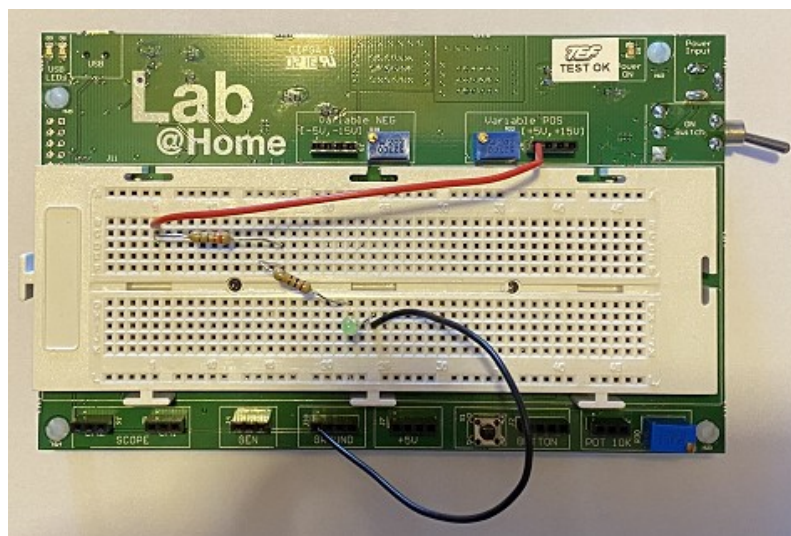


Figura 58. Circuito real de prueba para RA de nivel 2.

Hay dos apartados importantes que son:

¿Cómo escanear un objeto 3D con Vuforia Object Scanner?

¿Cómo exportar un objeto 3D escaneado con Vuforia Object Scanner a Unity?

Ambos apartados, por su extensión, se ha considerado conveniente desarrollarlos dentro de la sección de Anexos de esta memoria, en un apartado denominado Anexo III – Manual de instalación y uso de Vuforia Object Scanner. Exportar objeto 3D escaneado a Unity.

Siguiendo los pasos indicados en el citado manual se obtiene, como producto final de este parte del proyecto (tras exportar el objeto 3D escaneado a Unity), la posibilidad de usar RA de nivel 2 (sin marcadores o *markerless*).

En Unity, el objeto 3D escaneado no aparece como tal o como un marcador de los que se han usado. En este caso, es necesario hacer un esfuerzo a la hora de trabajar ya que Unity únicamente define un espacio de trabajo de unas dimensiones de 1x1 metros, según área de trabajo de Unity, mediante un cuadro delimitador o *bounding box*.

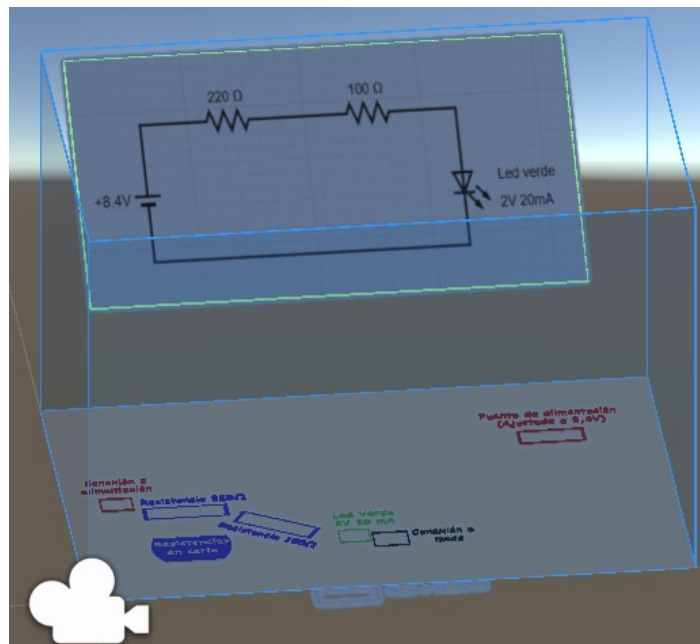


Figura 59. Cuadro delimitador en Unity para trabajar con el objeto 3D escaneado.

La dificultad de esta parte del diseño y desarrollo de la aplicación es que se deben incluir los elementos de RA de forma intuitiva ya que no hay puntos de referencia que enlacen el cuadro delimitador con el objeto 3D escaneado.

Solucionar este problema fue sencillo ya que se creó un objeto plano de RA que abarcaba toda la parte de la *protoboard*. Este objeto plano se usó como referencia para ir ajustando el resto de elementos a incluir.

### Resultados obtenidos

Tras situar adecuadamente los elementos de RA en el cuadro delimitador (cuadros, textos...) se procedió a probar el resultado usando la aplicación instalada en el *smartphone*.

Importante remarcar que para una correcta disposición de los elementos de RA sobre la *protoboard*, hay que colocar el *smartphone* en un plano paralelo a la *protoboard*.

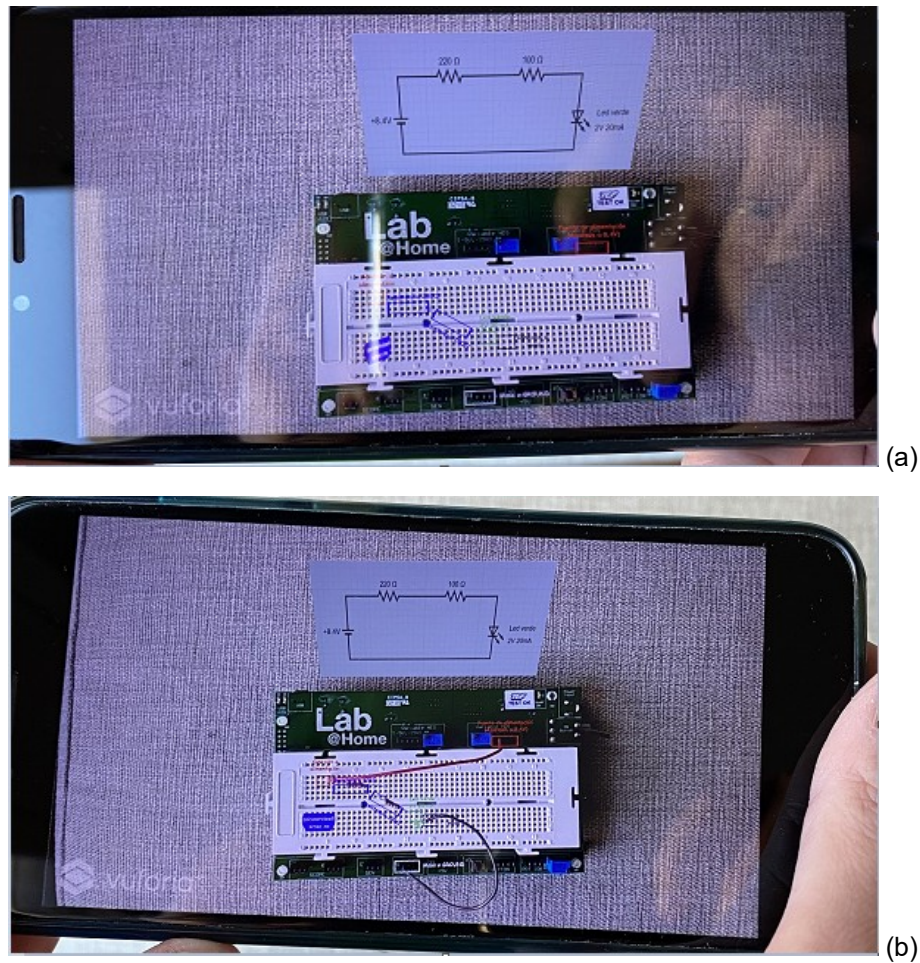


Figura 60. Prueba de RA de nivel 2 usando la aplicación elect[AR], sin circuito montado en *protoboard* (a) y con circuito montado en *protoboard* (b).

Para el objeto 3D escaneado para RA sin marcador, la aplicación funciona, de igual forma, a distancias más cercanas y más alejadas respecto de las indicadas para marcadores y *flashcards*.

Además, el reconocimiento de dicha *protoboard*, respecto de determinados marcadores, es mucho más rápido debido a la cantidad de puntos de referencia que se han escaneado para la *protoboard*.

Por último, indicar que es importante y recomendable que el enfoque de la *protoboard* se haga con buena iluminación, preferiblemente natural, evitando reflejos (tal como se indicó para el escaneado de la misma).

## 6.10. Unidad didáctica y aplicación, para *smartphone*, desarrolladas.

### Sobre la unidad didáctica

Uno de los entregables de este proyecto es una unidad didáctica correspondiente a circuitos eléctricos para la asignatura de Tecnología de 1º de ESO. Dicha unidad didáctica se ha desarrollado tomando como referencia la siguiente documentación y en

cumplimiento de lo establecido en el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato:

1. Título: Corriente eléctrica <sup>[14]</sup>

Autor: Santiago Camblor

Asignatura: Tecnología

Curso: 1º ESO

Desarrollado para: “Apuntes Marea Verde” que es un grupo de trabajo de profesores de enseñanza pública que elabora materiales curriculares gratuitos.

El documento se puede descargar bajo licencia *Creative Commons* y se permite el uso y modificación del material siempre que no sea con fines comerciales, se cite la autoría y se mantenga el mismo tipo de licencia en modificaciones de la obra.

Camblor, Santiago (2013) “*Corriente eléctrica*” [en línea]

[Fecha de consulta: 30 de octubre de 2021]

<<https://www.apuntesmareaverde.org.es/grupos/tec/loe/1eso/electricidad.pdf>>

2. Título: La electricidad <sup>[30]</sup>

Autor: IES Bellavista - Departamento de Tecnología

Carretera de la Isla, s/n

41014 - Sevilla

Asignatura: Tecnología

Curso: 2º ESO

Desarrollado para: el alumnado del citado centro educativo. El documento se puede descargar desde la página web que se cita a continuación sin indicarse ningún tipo de licencia para su uso y/o modificación.

IES Bellavista (2015) “*La electricidad*” [en línea]

[Fecha de consulta: 30 de octubre de 2021]

<<https://blogsaverros.juntadeandalucia.es/iesbellavista/tecnologia/2o-es-otecnologia/>>

3. Título: Tema 3: Electricidad <sup>[29]</sup>

Autor: IES Antonio González González - Departamento de Tecnología

Calle Aveti, 33

38260 - Tejina (Santa Cruz de Tenerife)

Asignatura: Tecnologías

Curso: 2º ESO

Desarrollado para: el alumnado del citado centro educativo. El documento se puede descargar desde la página web que se cita a continuación bajo licencia *Creative Commons* indicándose que se debe reconocer adecuadamente la autoría, no se permite el uso comercial del material y no se indican restricciones adicionales.

IES Antonio González González - Departamento de Tecnología (2013) “*Tema 3: Electricidad*” [en línea]

[Fecha de consulta: 30 de octubre de 2021]

<<https://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2013/06/electricidad-2eso.pdf>>

Además, indicar que las figuras que aparecen en la citada unidad didáctica correspondientes a diagramas de circuitos eléctricos se han desarrollado íntegramente a través de la siguiente página web <sup>[16]</sup>:

<https://www.circuit-diagram.org/editor/>

Esta unidad didáctica, además de contener los conceptos a desarrollar en el tema de circuitos eléctricos junto con una serie de ejercicios y sus soluciones, trata de ser visualmente atractiva al alumnado y de fácil comprensión.

Se ha utilizado un lenguaje sencillo con vocabulario técnico propio del tema tratado pero sin llegar a ser tedioso tanto para el alumnado como para el profesorado que tenga que explicar el tema.

El resultado de este trabajo es una unidad didáctica completa que aparece incluida en esta memoria en la sección de Anexos, concretamente en el Anexo VI.

### Sobre la aplicación

Aunque ya se han comentado diversos aspectos de la aplicación es importante resaltar que:

1. Los 18 marcadores usados se basan en el símbolo internacional de componentes de circuitos eléctricos.
2. Cada marcador está asociado a un modelo 3D que tiene un movimiento de rotación concreto para facilitar que se pueda visualizar dicho modelo desde todos los ángulos.
3. Cada modelo 3D se ha desarrollado desde cero y se le ha dado un nivel de detalle y realismo alto para que el alumnado, principalmente, y el profesorado no tengan dudas en reconocer dicho modelo y asociarlo al objeto físico real que representa.
4. Se tiene la opción de acercar el *smartphone* o el dispositivo usado al marcador para hacer zoom sobre el modelo 3D y poder verlo con mayor detalle.
5. La aplicación reconoce únicamente un marcador a la vez, es decir, no se ha usado *multitargeting* capaz de reconocer simultáneamente varios marcadores. Se ha hecho así ya que se ha usado RA de nivel 2, sin marcadores, y en esta parte es donde se ha desplegado la posibilidad de crear circuitos completos en RA reconociendo la *protoboard*.
6. El reconocimiento de marcadores (RA de nivel 1) como de la *protoboard* (RA de nivel 2) es rápido y sin errores.
7. Es una aplicación de poco peso, aproximadamente 64MB, de fácil instalación y uso sencillo (apuntar al marcador y visualizar RA).

### 6.11. Corrección de fallos.

A continuación se van a detallar los problemas más destacables que han surgido durante el diseño y desarrollo de la aplicación:

#### Problemas en el reconocimiento de marcadores

Aun siguiendo las recomendaciones indicadas en el apartado 6.4. Diseño de marcadores y de *flashcards*, se tuvieron que hacer diversas modificaciones en los marcadores y, por ende, en las *flashcards* donde se incluyen dicho marcadores.

Al usarse un total de 18 marcadores en esta aplicación, apareció este problema de reconocimiento de ciertos marcadores por la similitud entre sus puntos de referencia (como se verá en la siguiente tabla, los puntos de referencia aparecen indicados como una cruz de color amarillo) que provocaban que la aplicación no reconociese correctamente los mismos y, en consecuencia, no se visualizaba el modelo 3D asignado a ese marcador en concreto. Por ejemplo:

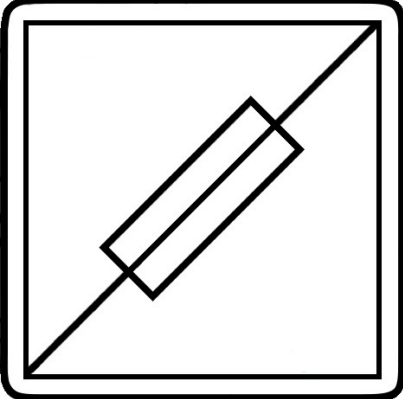
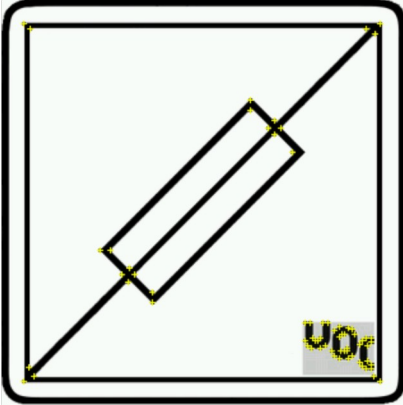
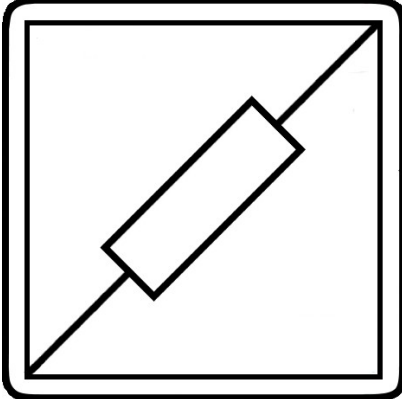
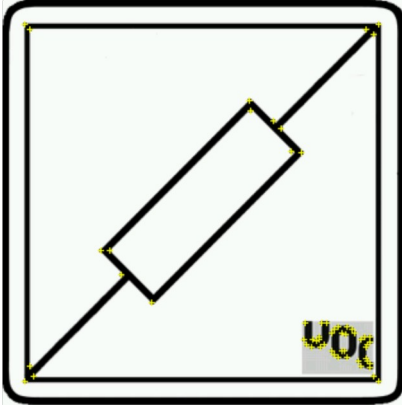
Modelo inicial de marcador para fusible	Modelo inicial de marcador para resistencia
 <p data-bbox="269 1016 828 1196">Al añadir el marcador en la base de datos de Vuforia, lo califica con 3 estrellas. Valoración no aconsejable para su uso y, además, menos recomendada si se van a usar marcadores que puedan tener cierta similitud en sus puntos de referencia.</p> <p data-bbox="464 1223 608 1256">Rating ⓘ</p> <p data-bbox="464 1317 635 1346">★★★★☆</p> 	 <p data-bbox="837 1016 1396 1196">Al añadir el marcador en la base de datos de Vuforia, lo califica con 2 estrellas. Valoración no aconsejable para su uso y, además, menos recomendada si se van a usar marcadores que puedan tener cierta similitud en sus puntos de referencia.</p> <p data-bbox="1031 1223 1174 1256">Rating ⓘ</p> <p data-bbox="1031 1317 1201 1346">★★★☆☆</p> 
<p>Se comprueba con los puntos de referencia que marca Vuforia que ambos marcadores presentan muy pocas diferencias por lo que se hace patente un problema para el reconocimiento de estos marcadores y la diferenciación entre ellos.</p>	

Tabla 7. Problemas de reconocimiento de Vuforia con los modelos iniciales de marcador para fusible y resistencia.

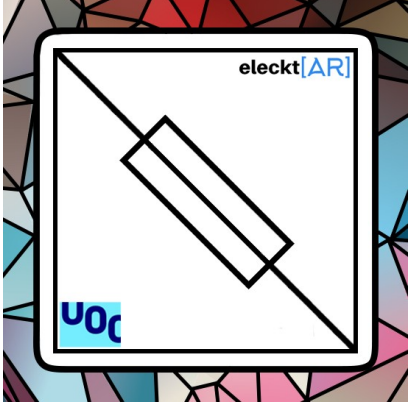
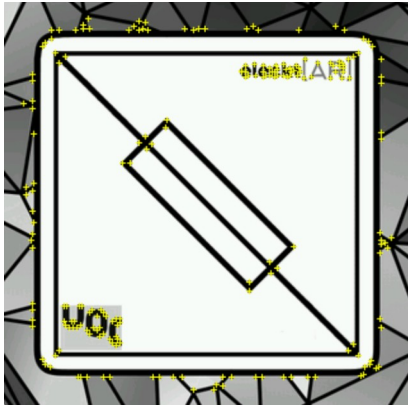
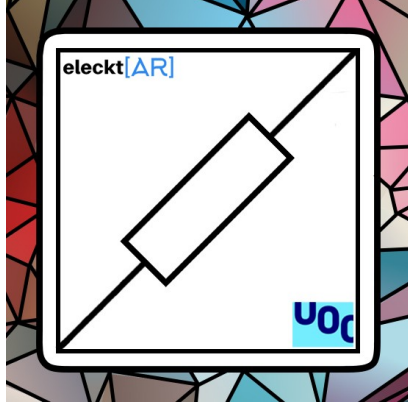
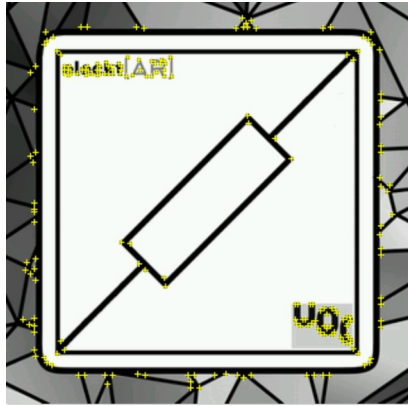
Modelo final de marcador para fusible	Modelo final de marcador para resistencia
 <p data-bbox="269 813 828 904">Al añadir el marcador en la base de datos de Vuforia, lo califica con 5 estrellas. Valoración máxima para un marcador, la ideal.</p> <p data-bbox="467 931 612 972">Rating ⓘ</p> <p data-bbox="464 1032 632 1066">★★★★★</p> 	 <p data-bbox="837 813 1396 904">Al añadir el marcador en la base de datos de Vuforia, lo califica con 5 estrellas. Valoración máxima para un marcador, la ideal.</p> <p data-bbox="1034 931 1179 972">Rating ⓘ</p> <p data-bbox="1031 1032 1198 1066">★★★★★</p> 
<p data-bbox="269 1534 1396 1700">Se comprueba con al cambiar la inclinación del fusible, cambiar la disposición de los logotipos de elect[AR] y la UOC y añadir un fondo con contraste dado por las líneas, los puntos de referencia que marca Vuforia entre ambos marcadores son totalmente diferentes por lo que no hay problema en el reconocimiento de cada marcador de forma individualizada y se soluciona el problema.</p>	

Tabla 8. Solución a los problemas de reconocimiento de Vuforia con los modelos de marcador para fusible y resistencia.

La solución, sencilla pero costosa en cuanto a tiempo, supuso rehacer los marcadores para mejorar los detalles en los mismos, usados como punto de referencia para reconocer cada marcador inequívocamente, y el contraste. La mejora en las imágenes facilitaron el reconocimiento por Vuforia y se solucionó el citado problema.

## Problemas al exportar ciertas texturas de Blender a Unity

Durante el proceso de exportación de los modelos 3D generados en Blender a Unity, tal como se indica en el apartado 6.6. Exportación de modelos en 3D de Blender a Unity, se detectó que las ciertas texturas metálicas y la textura correspondiente a cristal que se usan en los modelos 3D del fusible, el pulsador, la bombilla, el led... no se exportaban correctamente desde el formato .blend (usado en Blender) al formato .fbx (usado en Unity).

Por ejemplo, en el modelo 3D para pulsador abierto, la textura correspondiente a Metal no se reconocía en Unity, Metal Missing (Material), y al no detectarse la misma, aparecía con un color rosado, tal como se aprecia en la siguiente imagen:



Figura 61. Problema de exportación de textura metálica de Blender a Unity.

Tras diversas consultas en la web oficial como en webs alternativas y probar algunas de las soluciones indicadas, no se obtuvo una solución satisfactoria por lo que se optó por generar dicha textura en Unity directamente (proceso similar al usado en Blender por lo que no supuso una gran pérdida de tiempo).

El resultado solucionó el problema sin mayores complicaciones:

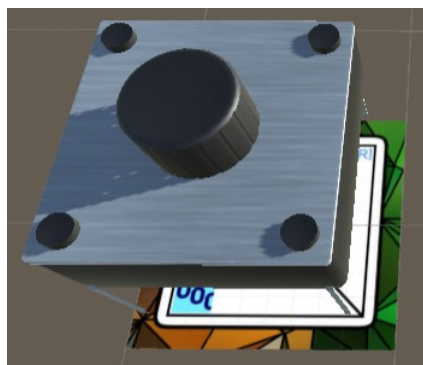


Figura 62. Solución al problema de exportación de textura metálica de Blender a Unity.

## Problemas de autoenfoco existente en ciertos dispositivos

La aplicación se ha probado en los siguientes dispositivos:

1. Xiaomi Redmi 9AT versión de Android 10 QP1A.
2. Xiaomi Mi A1 versión de Android 9.
3. Samsung Galaxy A30s versión de Android 10.



4. Samsung Galaxy J7 versión de Android 9.

Indicar que en este dispositivo se detectó un problema con el autoenfoco que se solucionó mediante el *script* aportado denominado **CameraFocus2.cs** (disponible en la sección Anexos de esta memoria).

Respecto al problema del autoenfoco hay que realizar unas puntualizaciones:

1. Aunque se ha usado el *script* oficial que aparece en la propia web de Vuforia (<https://library.vuforia.com/platform-support/working-camera-unity>).
2. Se indica tanto en páginas oficiales como no oficiales que dicho *script* no soluciona el problema en todos los dispositivos ya que hay una serie de incompatibilidades que no corrige y que están asociadas a determinados dispositivos (muchos de ellos son de la marca Samsung) y a su certificación ARCore. Algunos de esos dispositivos están listados en el siguiente enlace: <https://developers.google.com/ar/devices>.

## 7. EVALUACIÓN DEL PROYECTO Y DE LA UNIDAD DIDÁCTICA.

Es importante para una correcta evaluación de este proyecto de innovación educativa determinar su impacto a nivel de uso de aplicación, contenidos de la unidad didáctica y grado de satisfacción.

Para ello se llevará a cabo una doble evaluación. Por un lado se evaluarán los conocimientos y habilidades adquiridos por el alumnado (por parte del profesorado) y, por otro lado, su grado de satisfacción tras haber aprendido nuevos conocimientos con un enfoque didáctico novedoso usando la aplicación para *smartphones* *electk[AR]* y estudiar la unidad didáctica asociada. Igualmente, esta evaluación del grado de satisfacción debe extenderse al profesorado para tener resultados de todas las partes implicadas en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

En este proceso de evaluación será muy importante, para conocer el impacto real de *electk[AR]* y la posible mejora en el rendimiento académico, comparar los resultados obtenidos con información contrastada de años anteriores.

Los resultados de la evaluación servirán de instrumento para medir la viabilidad, interés, mejoras a introducir y futuras líneas de actuación de este proyecto.

Para ejecutar esta evaluación sería conveniente, antes de que se inicie a explicar la unidad didáctica con RA integrada, tener una sesión previa con el alumnado y el profesorado para instalar *electk[AR]* en sus *smartphones*, facilitarles los marcadores y *flashcards* y explicar el funcionamiento de la aplicación.

### Propuesta de rúbrica para la evaluación del proceso de enseñanza-aprendizaje por el profesorado

En este apartado, se proponen una serie de criterios para evaluar el grado de aprendizaje del alumnado tras finalizar la explicación de la unidad didáctica con RA integrada y el uso de la aplicación *electk[AR]*. Con esta evaluación, se busca medir el nivel de conocimientos adquiridos, la asimilación de conceptos y su aplicación para la resolución de problemas.

INDICADORES	NIVELES DE LOGRO		
	EXCELENTE	BIEN	INSUFICIENTE
<b>Comprensión de conceptos de la unidad didáctica</b>	Se han comprendido en su totalidad	Se han comprendido parcialmente (entre un 50 y un 80%)	Se han comprendido de forma mínima (menos de un 50%)
<b>Actividades adicionales realizadas (mapas conceptuales, monográficos...)</b>	Se han realizado en su totalidad	Se han realizado parcialmente (entre un 50 y un 80%)	Se han realizado de forma mínima (menos de un 50%)
<b>Resolución de problemas</b>	Resueltos de forma razonada y sin errores conceptuales y/o matemáticos	Resueltos de forma razonada pero contiene algún error conceptual y/o matemático	No se han establecido procesos razonados en su resolución
<b>Interés en el tema tratado</b>	Siempre muestra interés	Generalmente tiene interés	Nunca o casi nunca muestra interés
<b>Manejo de la aplicación</b>	Usa la aplicación sin ningún tipo de problema	No suele tener problemas al usar la aplicación	Suele tener problemas al usar la aplicación
<b>Uso del lenguaje</b>	No hay faltas de ortografía ni errores gramaticales	Cinco o menos faltas de ortografía y/o errores gramaticales	Más de cinco faltas de ortografía y/o errores gramaticales
<b>Participación</b>	Siempre participa en las explicaciones y en los debates aportando información relevante	Participa en la mayoría de explicaciones y en los debates aportando información relevante	Esporádicamente participa en las explicaciones y en los debates aportando información relevante
<b>Respeto</b>	Siempre respeta el turno de palabra, opiniones...	Suele respetar el turno de palabra, opiniones...	Le cuesta respetar el turno de palabra, opiniones...
<b>Comportamiento en clase</b>	Siempre es correcto y permite el desarrollo de la clase sin dificultades	Generalmente es correcto y permite el desarrollo de la clase	Su comportamiento es mejorable y, a veces, dificulta el desarrollo de la clase






Tabla 9. Rúbrica para la evaluación del proceso de enseñanza-aprendizaje.

### Propuesta de encuesta de satisfacción para el alumnado

Con esta sencilla encuesta de fácil aplicación y diseño atractivo, se pretende recopilar datos de interés referentes tanto a la unidad didáctica en sí, como a la experiencia que ha supuesto usar realidad aumentada (RA) en la misma.

La finalidad es doble. Por un lado, evaluar si la unidad didáctica cubre las necesidades y/o las expectativas del alumnado (redacción sencilla, contenidos adecuados y debidamente explicados, equilibrio entre teoría y práctica, impacto en el proceso de enseñanza-aprendizaje, adecuado uso de la RA, facilidad de uso de la aplicación...); y, por otro lado, marcará las futuras líneas de investigación y desarrollo del proyecto que pueda surgir de este trabajo final de grado (por ejemplo, redactar y publicar un libro de texto completo para la asignatura de Tecnología con un papel destacado para la RA).

A continuación, se detalla la escala gráfica usada para la recopilación de datos de las encuestas junto con el detalle de su descripción:

-  Totalmente insatisfecho.
-  Poco satisfecho.
-  Satisfecho.
-  Muy satisfecho.
-  Altamente satisfecho.






						
1	La redacción de la unidad didáctica ha facilitado el aprendizaje de los conceptos planteados.					
2	Los ejercicios planteados, ¿han favorecido la adquisición de conceptos?					
3	La experiencia con realidad aumentada (RA), ¿te ha motivado en tu aprendizaje?					
4	¿Consideras adecuados los modelos 3D usados?					
5	¿Te han gustado las <i>flashcards</i> ?					
6	¿Ha sido complicado usar la aplicación de RA?					
7	¿Te gustaría que se introdujesen más actividades con RA en esta y otras asignaturas?					
8	¿Qué mejorarías en la aplicación de RA?					
9	De forma global, ¿cómo calificarías tu experiencia con RA en esta unidad didáctica?					

Tabla 10. Encuesta de satisfacción sobre la unidad didáctica con RA y la aplicación, para el alumnado.

### Prueba piloto a “escala doméstica”

Al inicio del proyecto se planteó la posibilidad de realizar una prueba en un centro educativo para poder evaluar en un escenario real tanto la aplicación como la unidad didáctica. Lamentablemente, los contactos realizados para llevar a cabo dicha prueba descartaron, al menos temporalmente, esta posibilidad ya que según la programación de la asignatura de Tecnología, la unidad didáctica correspondiente a circuitos eléctricos no estaba programada hasta 2022.

A pesar de la imposibilidad de realizar una prueba en un escenario real, se hicieron varias pruebas a nivel particular a través de las hijas/os de varias/os compañeras/os de trabajo y algunos familiares en edades comprendidas entre 10 y 16 años (10 personas en total). Además, indicar que también se presentó la aplicación a 4 personas más de entre 6 y 8 años que, aunque no corresponden al nivel educativo de la unidad didáctica y no se tendrán



Obligatoria (ESO). Para ello se ha desarrollado **electk[AR]** una aplicación para *smartphones* con sistema operativo Android, capaz de reconocer un total de 18 marcadores (RA de nivel 1) y objetos escaneados en 3D (RA de nivel 2). Esta es la carta de presentación de **electk[AR]**, una aplicación con unas características únicas dentro del ámbito educativo al que se dirige, tanto por el número de marcadores creados como por el uso de RA de nivel 2 o sin marcadores (*markerless*).

Dentro del objetivo general de este proyecto subyace la idea de adquisición de nociones y/o concepto básicos de circuitos eléctricos y sus componentes, así como la resolución de problemas, mediante el uso de RA. Así se puede usar un nuevo material didáctico (alejado de métodos tradicionales como la pizarra, los diagramas...) fomentando el uso de una tecnología que aporta valor añadido al proceso de enseñanza-aprendizaje y supone que el alumnado pueda ver en 3D los elementos constituyentes de los circuitos eléctricos y los propios circuitos eléctricos.

El éxito en la consecución de los objetivos está determinado por una adecuada búsqueda y revisión de información sobre RA contextualizada en el ámbito educativo y por la correcta selección del *software* a usar; sin olvidar el uso de una metodología en cascada con retroalimentación que permitió seguir cada fase del proyecto con detalle y corregir cualquier disfunción de forma rápida sin afectar de gravedad al resto del proyecto.

2. El proyecto es también novedoso ya que **desarrolla una unidad didáctica concreta de forma completa** para un nivel educativo específico. No es simplemente una mención de elementos que componen los circuitos eléctricos que puede resultar como algo aislado que se ha acoplado a la unidad didáctica (en determinados trabajos relacionados es la sensación que ha quedado tras la lectura del mismo, es decir, es como si se tuviesen las piezas de un puzzle pero no se acabase de montar y no se viese el encaje en un todo).
3. Como los modelos 3D generados, los *scripts*, la aplicación **electk[AR]** y el material que lo complementa (marcadores, *flashcards* y unidad didáctica) son de **uso libre y gratuitos**, facilita el compartirlos con la comunidad educativa y con el resto de personas interesadas en esta temática.

Se considera que todo ello ayudará a mejorar y potenciar este trabajo y, además, beneficiará el diseño y desarrollo de posteriores unidades didácticas, siempre pensando en el beneficio que pueda suponer en el ámbito educativo y a nivel de gasto económico (que sería cero ya que todo el *software* a usar se puede encontrar libre).

4. El **grado de reconocimiento** de un marcador de RA como de un objeto 3D escaneado depende en gran medida de la calidad de las cámaras usadas tanto para las pruebas (se usó la *webcam* del portátil) como para el producto final (la cámara del *smartphone*) y de las condiciones de iluminación en el momento de uso.

Cámaras de mayor calidad y una iluminación natural van a favorecer el reconocimiento tanto de marcadores como de objetos escaneados en 3D, de modo que la experiencia con RA se verá mejorada.

5. No sería arriesgado pensar que este proyecto llegue a ser un **elemento motivador para todo docente** que sea reticente al uso de nuevas tecnologías ya que disponer de todo este material de forma libre ayudará a comprender el funcionamiento de este tipo de tecnología y a su aplicabilidad en el aula. Se considera que una vez vividos en el aula los beneficios que puede aportar (tanto para el profesorado como para el alumnado) la RA, será una herramienta de uso diario fomentando la motivación dentro del aula (que tiene un carácter más actitudinal), sin olvidar la adquisición o mejora de conocimientos mínimos en el manejo de *smartphone* o *tablet* (de carácter procedimental).

6. Por último, manifestar mi grado de satisfacción con el resultado del proyecto, puesto que su realización ha sido una **gran experiencia personal**, ya que se afrontó sin ningún tipo de experiencia previa en el desarrollo de aplicaciones para *smartphones*, ni en las herramientas usadas para desarrollar los contenidos en RA. Este enorme reto personal, a la vez, ha sido una de las experiencias más enriquecedoras vividas durante el transcurso del grado (no puedo dejar de mencionar aquí la ayuda prestada por mi tutor). Considero que es el granito de arena aportado al proceso de reinversión educativa que está ocurriendo en la actualidad y que afecta tanto al modelo educativo tradicional y su proceso de enseñanza-aprendizaje, como a los contenidos que pueden impartirse en el aula y fuera de ella. Se dirige hacia un aprendizaje activo (*learning by doing*) explorando contenidos desde la perspectiva de la RA en un modelo educativo híbrido o mixto donde se combinen las virtudes de la enseñanza presencial (cercanía del profesorado, interacciones sociales en el aula...) con las virtudes propias de esta tecnología (motivación, cooperación, adquisición de competencias digitales...).

En definitiva, este proyecto demuestra que la RA es la herramienta capaz de provocar que todos esos cambios en el proceso de enseñanza-aprendizaje sean posibles ya que los centros educativos no pueden quedar rezagados de los avances tecnológicos ni de los beneficios que les puede aportar esta tecnología. Por tanto, es importante empezar a motivar al profesorado para usar las TIC en los centros docentes y eliminar posibles reticencias o miedo en su uso, ya que el alumnado es más receptivo en su proceso de enseñanza-aprendizaje usando estas tecnologías que hacen más dinámica la práctica educativa.

Respecto a las líneas futuras de actuación, cabe destacar:

1. Como se ha indicado en diversas ocasiones, se desarrolla una unidad didáctica que dará pie a continuar con esta línea de trabajo cuyo objetivo a medio-largo plazo es elaborar un **libro de texto que integre RA** en todas las unidades didácticas correspondientes a la asignatura de Tecnología de 1º de ESO.

No hay que olvidar que otras asignaturas como la de ciencias naturales, física, química, dibujo técnico... pueden verse beneficiadas por este tipo de ideas y desarrollar libros de texto con RA facilitaría mucho la asimilación de conceptos. Por ejemplo, sería muy interesante recrear mediante RA todo el proceso de división celular (mitosis y meiosis) o la propia estructura de doble hélice del ADN ya que su visualización en 3D facilitaría mucho comprender los procesos que se realizan (por mi experiencia en ese campo, suele ser un tema complejo de explicar en el aula desde una imagen en 2D).

Todo el material que se genere, tanto de este proyecto centrado en circuitos eléctricos para la asignatura de Tecnología como de otros que puedan derivar para otras asignaturas, se puede alojar en un blog creado al efecto (por ejemplo a través de WordPress, <https://wordpress.com/es/>) para facilitar el acceso a la comunidad educativa y, en general, a cualquier persona interesada en esta temática y sin ánimo de lucro.

Además, se podría estudiar la posibilidad de publicar las aplicaciones que se generen en App Store y en Play Store, indicando que para el acceso a la unidad didáctica, los marcadores, las *flashcards* y demás documentación deberán dirigirse al blog creado al efecto.

2. *elect[AR]* se ha desarrollado para el sistema operativo Android al ser el más usado actualmente. Ahora al disponer de más conocimientos y más experiencia en el manejo de los principales aspectos que componen el desarrollo de una aplicación de RA para *smartphone* (diseño y desarrollo de modelos 3D, programación de *scripts* en lenguaje C#,

uso e integración de un SDK específico de RA (Vuforia) en Unity, creación de materiales y texturas y configuración y puesta a punto de un proyecto Unity desde cero), el siguiente paso es **desarrollar electk[AR] para iOS** con lo que se conseguirá llegar, prácticamente, a la totalidad de dispositivos que puedan usarse en el aula.

3. Esta versión de **electk[AR]** y su unidad didáctica asociada están en castellano por lo que en una futura versión **se traducirá** al inglés, al catalán y al gallego (para conseguir llegar a más usuarias/os).
4. Para finalizar, no se deben olvidar los datos aportados por las **encuestas de satisfacción** que se realicen al alumnado y al profesorado, respecto de electk[AR] y de la unidad didáctica, ya que guiarán notablemente las futuras líneas de actuación recogiendo sus inquietudes; realmente son las/os usuarias/os finales los que mejor opinión pueden dar sobre el producto que se les ha entregado.

## GLOSARIO

**Android:** sistema operativo basado en Linux y de otros *software* de código abierto pensado para dispositivos móviles con pantalla táctil, sean *smartphones* o *tablets*.

**API (*Application Programming Interface*):** en español interfaz de programación de aplicaciones, es el conjunto de reglas, funciones y procedimientos para que los programas puedan comunicarse entre ellos.

**App Store:** tienda para la descarga y actualización de aplicaciones para dispositivos de Apple con sistema operativo iOS.

**Flashcard:** en español tarjetas de aprendizaje o educativas, son fichas específicamente creadas para facilitar el estudio y realizar un repaso rápido al sintetizar los conceptos más importantes, contener imágenes y diagramas de relevancia... en sus dos caras.

**GNU:** sistema operativo de tipo Unix, así como la colección de programas informáticos que componen dicho sistema (siendo software libre en su totalidad).

**Imagen estereoscópica:** imagen dotada de profundidad que contiene información visual tridimensional.

**Inmersión:** en realidad virtual hace referencia a la percepción de estar físicamente presente en un mundo no físico.

**iOS (*iPhone Operating System*):** sistema operativo de la compañía Apple que, entre otros, se usa en dispositivos móviles como el iPhone.

**Learning by doing:** conocido como aprender haciendo, es una técnica con un enfoque práctico del aprendizaje basada en la interacción del alumnado con su entorno para aprender y adaptarse

**Linux:** sistema operativo multiusuario, multitarea y multiplataforma completamente libre y, por tanto, gratuito, elaborado por una comunidad de desarrolladores de software de código abierto.

**macOS (*Macintosh Operating System*):** sistema operativo desarrollado y comercializado por la compañía Apple para sus dispositivos, generalmente conocidos como Mac.

**Marcador o target:** es una imagen, un logotipo o cualquier objeto 2D que es reconocido por la cámara de un dispositivo y que funciona de disparador o activador para una aplicación que posicionará contenido de realidad aumentada.

**Modelo 3D:** producto obtenido al representar, mediante *software* especializado, un objeto tridimensional usando una colección de puntos en el espacio dentro de un espacio tridimensional.

**Play Store:** tienda para la descarga y actualización de aplicaciones para dispositivos con sistema operativo Android.

**Proceso de enseñanza-aprendizaje:** procedimiento educativo bilateral en el que es tan importante aprender lo que se enseña como enseñar lo que se aprende.



**Rigging:** proceso de crear un sistema de controles digitales y agregarlos a un modelo 3D para que así pueda ser animado de forma sencilla y eficientemente.

**Rúbrica:** conjunto de criterios y normas usados por el personal docente para evaluar el aprendizaje y el grado de conocimientos adquiridos por el alumnado.

**SDK (*Software Development Kit*):** en español Kit de Desarrollo de Software, es un conjunto de herramientas de desarrollo de *software* que permite crear una aplicación informática para un sistema concreto.

**Smartphone:** es español teléfono inteligente, es un dispositivo móvil con pantalla táctil con un sistema operativo que permite conectarse a Internet, descargar aplicaciones, navegar por la red... además de realizar las funciones propias de un teléfono como llamadas telefónicas y envío de mensajes.

**Tablet:** es un dispositivo electrónico portátil, regularmente de mayor tamaño que un *smartphone*, que cuenta con una pantalla táctil con la que se interactúa sin necesidad de teclado físico ni ratón.

**Windows:** sistema operativo creado por Microsoft para ordenadores, portátiles, servidores, sistemas empujados y antiguamente *smartphones*.

## **ACRÓNIMOS Y SIGLAS**

**2D:** 2 Dimensiones

**3D:** 3 Dimensiones

**ADN:** Ácido desoxirribonucleico

**API:** Application Programming Interface (Interfaz de Programación de Aplicaciones)

**APP:** Aplicación

**AR:** Augmented Reality

**AV:** Augmented Virtuality

**CTI ESPOL:** Centro de Tecnología de Información de la Escuela Superior Politécnica del Litoral

**ESO:** Educación Secundaria Obligatoria

**GIMP:** GNU Image Manipulation Program

**GPS:** Global Positioning System (Sistema de Posicionamiento Global)

**IES:** Instituto de Educación Secundaria

**MR:** Mixed Reality

**PCB:** Printed Circuit Board (Placa de Circuito Impreso)

**PEC:** Prueba de Evaluación Continuada

**PS4:** PlayStation 4

**RA:** Realidad Aumentada

**RM:** Realidad Mixta

**RV:** Realidad Virtual

**SDK:** Software Development Kit (Kit de Desarrollo de Software)

**TIC:** Tecnologías de la Información y la Comunicación

**UNESCO:** United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura)

**UNIR:** Universidad Internacional de La Rioja

**VA:** Virtualidad Aumentada

**VR:** Virtual Reality

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] :iat/> (2019) “*Realidad aumentada en educación: el ‘boom’ educativo que viene*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 22 de octubre de 2021]  
<<https://iat.es/tecnologias/realidad-aumentada/educacion/>>
- [2] :iat/> (2019) “*Realidad aumentada. ¿Qué es? Características y tipos*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 16 de octubre de 2021]  
<<https://iat.es/tecnologias/realidad-aumentada/>>
- [3] :iat/> (2020) “*Principales diferencias entre realidad aumentada y realidad virtual*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 17 de octubre de 2021]  
<<https://iat.es/tecnologias/realidad-aumentada/diferencias-realidad-virtual/>>
- [4] Abad-Segura, Emilio et al. (2020) “*Sustainability of Educational Technologies: An Approach to Augmented Reality Research*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 22 de septiembre de 2021]  
<<https://www.mdpi.com/2071-1050/12/10/4091/htm>>
- [5] Admina (2020) “*Qué es blender y para que sirve*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 29 de diciembre de 2021]  
<<https://articne.com/3d/que-es-blender/>>
- [6] Albarrán, Jesús M. (2021) “*¿Qué es Gimp y para qué sirve?*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 28 de diciembre de 2021]  
<<https://www.seoptimer.com/es/blog/que-es-gimp-y-para-que-sirve/>>
- [7] Alcarria, Carlos (2010) “*Desarrollo de un sistema de Realidad Aumentada en dispositivos móviles*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 19 de octubre de 2021]  
<<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/8597/PFC%20-%20Desarrollo%20de%20un%20sistema%20de%20Realidad%20Aumentada%20en%20dispositivos%20m%c3%b3viles.pdf>>
- [8] Alumno<sub>02</sub> (2021) “*Niveles de realidad aumentada*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 16 de octubre de 2021]  
<<https://iwaid.unex.es/alumno02/2021/04/07/niveles-de-realidad-aumentada/>>
- [9] Amadoz, Sergio (2021) “*¿Qué es un HUD y por qué lo llevan los coches nuevos?*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 24 de diciembre de 2021]  
<<https://motor.elpais.com/actualidad/que-es-un-hud-y-por-que-lo-llevar-los-coches-nuevos/>>
- [10] arcircuits.com (2018) “*Hands-on learning: circuits and electricity with augmented reality*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 23 de octubre de 2021]  
<<https://arcircuits.com/>>
- [11] Baelo, Roberto y Cantón, Isabel (2009) “*Las tecnologías de la información y la comunicación en la educación superior*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 22 de octubre de 2021]  
<<https://es.scribd.com/document/46968213/Las-tecnologias-de-la-informacion-y-la-comunicacion-en-la-educacion-superior-Estudio-descriptivo-y-de-revision>>

- [12] blender.org (2021) “*About Blender - Introduction*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 29 de diciembre de 2021]  
<[https://docs.blender.org/manual/en/latest/getting\\_started/about/introduction.html](https://docs.blender.org/manual/en/latest/getting_started/about/introduction.html)>
- [13] Boletín Oficial del Estado, núm 3, de 3 de enero de 2015. *Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato, art. 13* [en línea]  
[Fecha de consulta: 25 de septiembre de 2021]  
<<https://www.boe.es/eli/es/rd/2014/12/26/1105/con>>
- [14] Camblor, Santiago (2013) “*Corriente eléctrica*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 30 de octubre de 2021]  
<<https://www.apuntesmareaverde.org.es/grupos/tec/loe/1eso/electricidad.pdf>>
- [15] Carranza, Alexandra (2021) “*¡Conoce el modelo en cascada y escala tus proyectos de software a pasos agigantados!*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 26 de diciembre de 2021]  
<<https://www.crehana.com/es/blog/desarrollo-web/modelo-en-cascada/>>
- [16] circuit-diagram.org (2021) “*Circuit Diagram. A free, user-friendly program for making electronic circuit diagrams.*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 30 de octubre de 2021]  
<<https://www.circuit-diagram.org/editor/>>
- [17] CreatXR (2021) “*The Virtuality Spectrum - Understanding AR, MR, VR and XR*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 16 de octubre de 2021]  
<<https://creatxr.com/the-virtuality-spectrum-understanding-ar-mr-vr-and-xr/>>
- [18] CTI Espol (2020) “*Circuitos Virtuales: Simulador de circuitos eléctricos basado en Realidad Aumentada (AR)*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 23 de octubre de 2021]  
<<http://www.inventio.espol.edu.ec/circuitos.html>>
- [19] Educación 3.0 (2020) “*Pedagogías emergentes para el confinamiento: episodio cero*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 22 de octubre de 2021]  
<<https://www.educacionrespuntocero.com/noticias/pedagogias-emergentes-para-confinamiento-episodio-cero/>>
- [20] EDUCASE (2020) “*Informe EDUCAUSE Horizon 2020 sobre tendencias en enseñanza superior y bibliotecas*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 22 de octubre de 2021]  
<<https://universoabierto.org/2020/03/03/informe-educause-horizon-2020-sobre-tendencias-en-ensenanza-superior-y-bibliotecas/>>
- [21] educba.com (2020) “*Design - Key Differences Tutorial*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 29 de diciembre de 2021]  
<<https://www.educba.com/design/design-tutorials/design-key-differences-tutorial/>>
- [22] Erbas, Cagdas y Demirer, Veysel (2019) “*The effects of augmented reality on students' academic achievement and motivation in a biology course*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 23 de septiembre de 2021]  
<<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jcal.12350>>

- [23] Erosa, David (2019) “*Qué es Unity*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 26 de diciembre de 2021]  
<<https://openwebinars.net/blog/que-es-unity/>>
- [24] euroinnova.edu.es (2021) “*Descubre con Euroinnova para qué sirve Photoshop*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 28 de diciembre de 2021]  
<<https://www.euroinnova.edu.es/blog/para-que-sirve-photoshop>>
- [25] Fernández, Bárbara (2017) “*Factores que influyen en el uso y aceptación de objetos de aprendizaje de realidad aumentada en estudios universitarios de Educación Primaria*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 23 de septiembre de 2021]  
<<https://www.uco.es/ucopress/ojs/index.php/edmetic/article/view/5815>>
- [26] Flavián, Carlos et al. (2019) “*The impact of virtual, augmented and mixed reality technologies on the customer experience*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 16 de octubre de 2021]  
<<https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2018.10.050>>
- [27] Gómez-Vargas, Isidro et al. (2018) “*Realidad Aumentada como herramienta didáctica en geometría 3D*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 16 de octubre de 2021]  
<[https://www.researchgate.net/publication/332131508\\_Realidad\\_Aumentada\\_como\\_herramienta\\_didactica\\_en\\_geometria\\_3D/download](https://www.researchgate.net/publication/332131508_Realidad_Aumentada_como_herramienta_didactica_en_geometria_3D/download)>
- [28] Guillem, Fernando Marcos (2012) “*UPV-MobARGuide: aplicación Android de realidad aumentada para guía interactiva de la UPV orientada a móviles*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 19 de octubre de 2021]  
<<https://riunet.upv.es/handle/10251/14802>>
- [29] IES Antonio González González - Departamento de Tecnología (2013) “*Tema 3: Electricidad*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 30 de octubre de 2021]  
<<https://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2013/06/electricidad-2eso.pdf>>
- [30] IES Bellavista (2015) “*La electricidad*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 30 de octubre de 2021]  
<<https://blogsaverroes.juntadeandalucia.es/iesbellavista/tecnologia/2o-eso-tecnologia/>>
- [31] Immersive Learning News (2020) “*Augmented Reality: Potential future of education*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 23 de septiembre de 2021]  
<<https://www.immersivelearning.news/2020/11/06/augmented-reality-potential-future-of-education/>>
- [32] Innovación Docente Tecsup (2018) “*Realidad aumentada y Realidad virtual*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 17 de octubre de 2021]  
<<https://innovaciondocentetecsup.blogspot.com/2018/01/realidad-aumentada-y-realidad-virtual.html>>
- [33] inspectar.com (2021) “*Augmented Reality Toolkit for PCBs*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 23 de octubre de 2021]  
<<https://www.inspectar.com/>>

- [34] Interaction Design Foundation (2020) "*Augmented Reality – The Past, The Present and The Future*" [en línea]  
[Fecha de consulta: 24 de septiembre de 2021]  
<<https://www.interaction-design.org/literature/article/augmented-reality-the-past-the-present-and-the-future>>
- [35] Mancuzo, Gabriel (2021) "*Modelo de Desarrollo en cascada*" [en línea]  
[Fecha de consulta: 26 de diciembre de 2021]  
<<https://blog.comparasoftware.com/modelo-de-desarrollo-en-cascada/?amp>>
- [36] Mateo, Alejandro (2018) "*Aplicación para fomentar el interés por la ingeniería mediante realidad aumentada*" [en línea]  
[Fecha de consulta: 23 de septiembre de 2021]  
<<https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/7236/tfg-mat-apl.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>
- [37] Monzo, Carlos, Germán Cobo, José A. Morán, Eugènia Santamaría, and David García-Solórzano. 2020. "*Lab@Home: The Open University of Catalonia Hands-on Electronics Laboratory for Online Engineering Education*" *Electronics* 9, no. 2:222.  
<<https://doi.org/10.3390/electronics9020222>>
- [38] Moreno, Marta (2019) "*¿Qué diferencias hay entre realidad aumentada, virtual y mixta?*" [en línea]  
[Fecha de consulta: 16 de octubre de 2021]  
<<https://www.educaciontrespuntocero.com/noticias/realidad-aumentada-virtual-y-mixta/>>
- [39] Muñoz, Luis et al. (2020) "*Augmented and virtual reality evolution and future tendency*" [en línea]  
[Fecha de consulta: 16 de octubre de 2021]  
<<https://doi.org/10.3390/app10010322>>
- [40] Observatorio de Innovación Educativa (2018) "*Edu trends realidad virtual y aumentada*" [en línea]  
[Fecha de consulta: 17 de octubre de 2021]  
<<https://www.slideshare.net/eraser/edu-trends-realidad-virtual-y-aumentada>>
- [41] Prendes, Carlos (2015) "*Realidad aumentada y educación: análisis de experiencias prácticas*" [en línea]  
[Fecha de consulta: 22 de septiembre de 2021]  
<<https://recyt.fecyt.es/index.php/pixel/article/view/61619/37631>>
- [42] Prensky, Marc (2001) "*Nativos Digitales, Inmigrantes Digitales*" [en línea]  
[Fecha de consulta: 24 de octubre de 2021]  
<[https://marcprensky.com/writing/Prensky-NATIVOS%20E%20INMIGRANTES%20DIGITALES%20\(SEK\).pdf](https://marcprensky.com/writing/Prensky-NATIVOS%20E%20INMIGRANTES%20DIGITALES%20(SEK).pdf)>
- [43] Quality Devs (2020) "*Unity | ¿Qué es y para qué sirve?*" [en línea]  
[Fecha de consulta: 26 de diciembre de 2021]  
<<https://www.qualitydevs.com/2020/06/02/unity-que-es/>>
- [44] Reyes-Suárez, Rony Steven (2018) "*La realidad aumentada como herramienta para la explicación de magnitudes eléctricas*" [en línea]  
[Fecha de consulta: 23 de octubre de 2021]  
<<https://reunir.unir.net/handle/123456789/7429>>

- [45] Rivadulla, Carlos y Rodríguez, Marisol (2020) “*La incorporación de la realidad aumentada en las clases de ciencias*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 22 de septiembre de 2021]  
<<https://publicaciones.unirioja.es/ojs/index.php/contextos/article/view/3865>>
- [46] Rodríguez, Sergio Andrés (2020) “*ElectronicAR: aplicación de realidad aumentada para la enseñanza de los circuitos electrónicos básicos*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 23 de octubre de 2021]  
<<http://repository.pedagogica.edu.co/handle/20.500.12209/12769>>
- [47] Salazar, Iván Andrés (2013) “*Diseño e implementación de un sistema para información turística basado en realidad aumentada*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 19 de octubre de 2021]  
<<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/4647?show=full>>
- [48] Salazar, Luis Eduardo (2019) “*Construcción de una aplicación de componentes electrónicos básicos utilizando la realidad aumentada para las niñas, niños y jóvenes de la Zona 1 del Ecuador*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 23 de octubre de 2021]  
<<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7190/1/04%20RED%20098%20TRABAJO%20GRADO.pdf>>
- [49] Salmerón, Alejandro (2020) “*Pedagogías emergentes para el confinamiento: episodio cero*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 22 de octubre de 2021]  
<<https://medac.es/blogs/sociocultural/las-herramientas-tic-en-la-educacion-22/10/2021>>
- [50] Sanndiiero, Ángel (2019) “*Línea del tiempo de realidad aumentada*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 19 de octubre de 2021]  
<<https://time.graphics/es/line/251362>>
- [51] Stsepanets, Anastasia (2021) “*Modelo de cascada ('Waterfall'): qué es y cuándo conviene usarlo*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 26 de diciembre de 2021]  
<<https://blog.ganttpro.com/es/metodologia-de-cascada/>>
- [52] Sua, Jenny C. (2020) “*Vuforia y su gran potencial en la Realidad Aumentada*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 26 de diciembre de 2021]  
<<https://niixer.com/index.php/2020/11/10/realidad-aumentada-con-vuforia/>>
- [53] tokioschool.com (2021) “*Vuforia Unity: Experiencias en Realidad Aumentada*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 26 de diciembre de 2021]  
<<https://www.tokioschool.com/noticias/vuforia-unity/>>
- [54] UNIR Universidad Internacional de La Rioja (2020) “*Realidad virtual y realidad aumentada en el aula: todo un potencial para incorporar a tus clases*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 22 de septiembre de 2021]  
<<https://www.unir.net/educacion/revista/realidad-virtual-aumentada-en-el-aula/>>
- [55] unity3d.com (2021) “*Unity Use Manual (2018.3)*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 26 de diciembre de 2021]  
<<https://docs.unity3d.com/es/2018.4/Manual/vuforia-sdk-overview.html>>
- [56] Unity Technologies (2020) “*Unity User Manual 2020.3 (LTS)*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 26 de diciembre de 2021]

<<https://docs.unity3d.com/Manual/index.html>>

<sup>[57]</sup> Villa, María Isabel (2018) “Narrativas Inmersivas para comunicadores. Realidad virtual, aumentada y mixta en propuestas audiovisuales de ficción y no ficción” [en línea]  
[Fecha de consulta: 16 de octubre de 2021]  
<<https://doi.org/10.18566/comunica.n39.a01>>

<sup>[58]</sup> VirtualiTech (2017) “*Exploring the Virtuality Continuum*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 16 de octubre de 2021]  
<<https://www.virtualiteach.com/post/2017/08/04/exploring-the-virtuality-continuum-and-its-terminology>>

<sup>[59]</sup> Kozma, Robert B. (2009) “*Comparative Analysis of Policies for ICT in Education*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 22 de septiembre de 2021]  
<[https://en.unesco.org/icted/sites/default/files/2019-04/9\\_comparative-analysis-of-policies-for-ict-in-education.pdf](https://en.unesco.org/icted/sites/default/files/2019-04/9_comparative-analysis-of-policies-for-ict-in-education.pdf)>





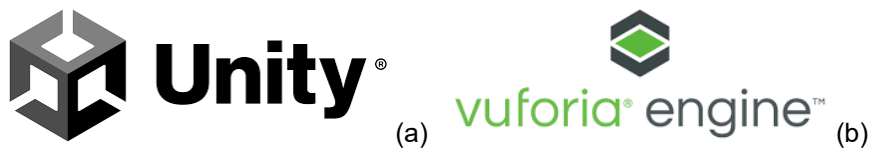


Figura 63. Logotipos de Unity (a) y Vuforia (b).

En primer lugar se detallará la instalación de Unity y, a continuación, del SDK Vuforia. Con ambos programas instalados se podrán crear contenidos en Realidad Aumentada (RA) y generar un aplicación, en este caso, para el sistema operativo Android.

## Instalación de Unity

1. Desde <https://unity.com/es/download#how-get-started> se descarga **Unity Hub**, una herramienta para la gestión de proyectos Unity, de múltiples instalaciones del editor Unity, crear nuevos proyectos y abrir proyectos existentes. Además se usa para administrar la cuenta de Unity y licencias de editor.
2. Se instala el fichero ejecutable descargado (UnityHubSetup.exe) que, en este caso, corresponde a la versión Unity Hub 2.4.4. Previo a que empiece el proceso de instalación, se tendrán que aceptar los términos de la licencia y elegir donde se instalará la carpeta de Unity Hub. Pinchar sobre Instalar.

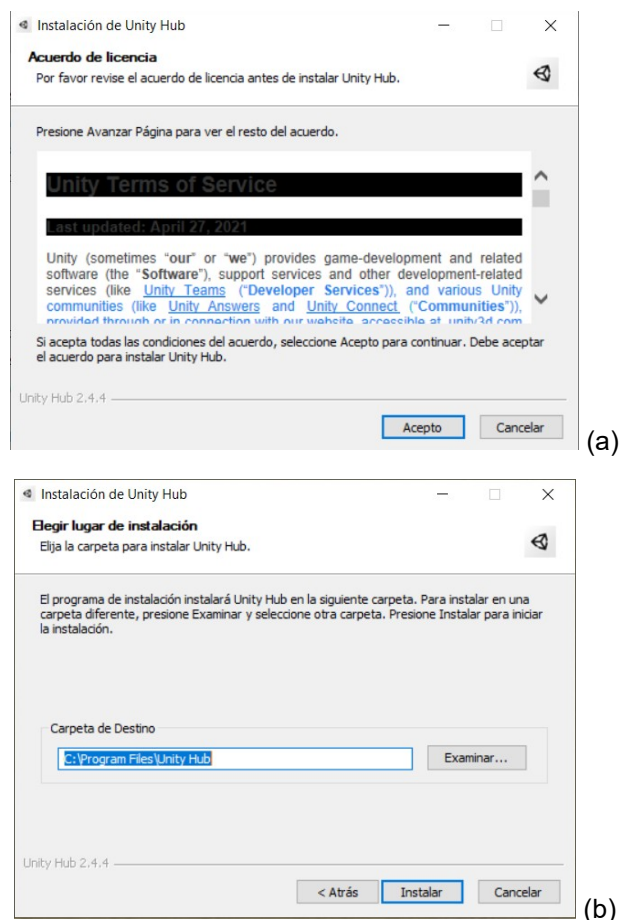


Figura 64. Acuerdo de licencia (a) y carpeta de instalación (b) de Unity Hub.

3. Desde Unity Hub, se accede a la pestaña Installs y se pincha sobre ADD para instalar la versión deseada de Unity (se pueden instalar una a una tantas versiones como se quiera). A continuación, se pincha en NEXT.

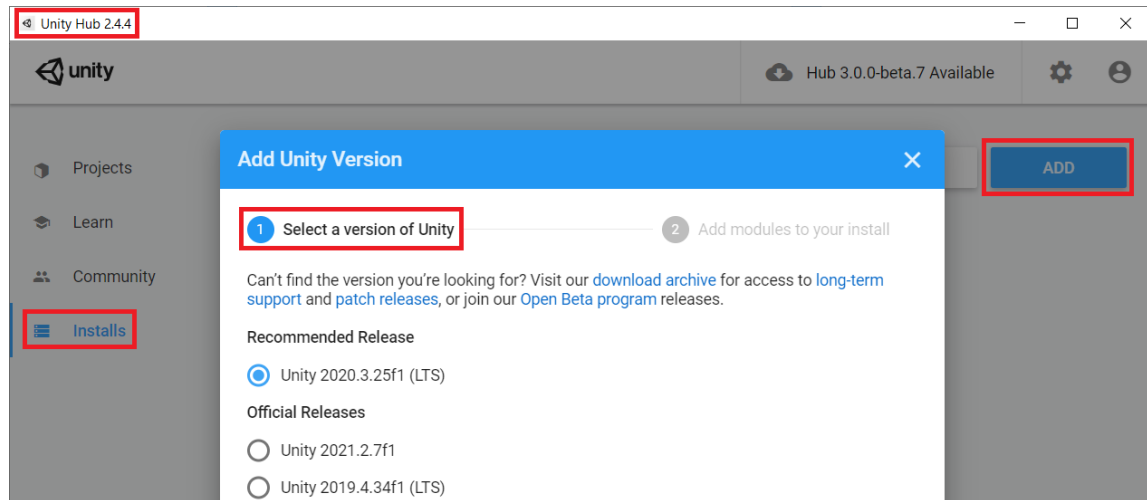


Figura 65. Instalación de la versión deseada de Unity desde Unity Hub.

Se seleccionarán los módulos que se quieren instalar junto con Unity que, para este proyecto, fueron los siguientes:

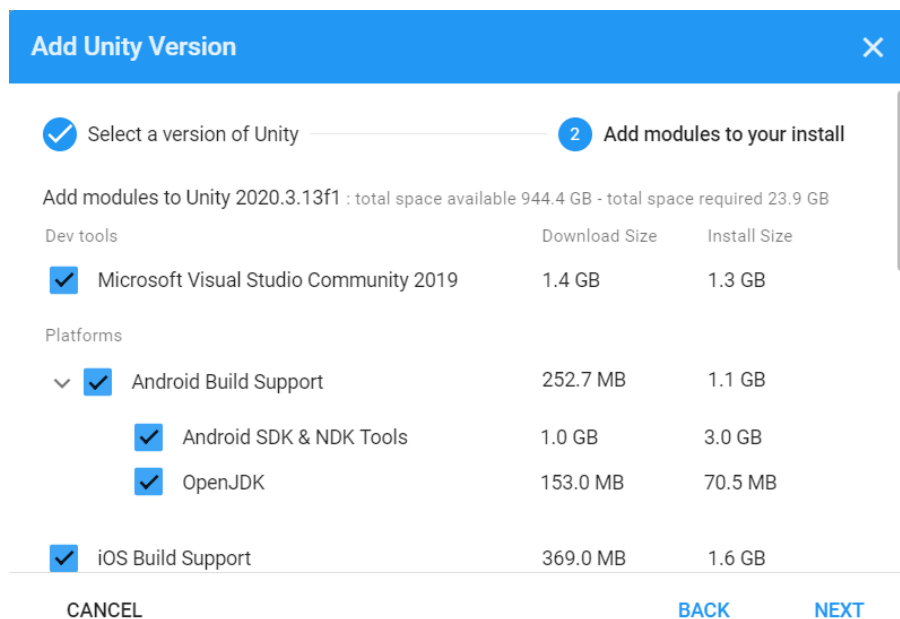


Figura 66. Selección de módulos a instalar junto a la versión deseada de Unity.

4. Tras instalarse los módulos seleccionados (debiendo aceptarse los términos de las licencias de cada uno de ellos), desde Installs en Unity Hub se pueden ver la versión o versiones de Unity instaladas. En este caso, aparecen las dos versiones que se instalaron inicialmente:

Versión 2018.4.36f1  
Versión 2020.3.13f1

Este proyecto se desarrolló exclusivamente bajo la versión 2020.3.13f1 que era la más reciente en el momento de su descarga.

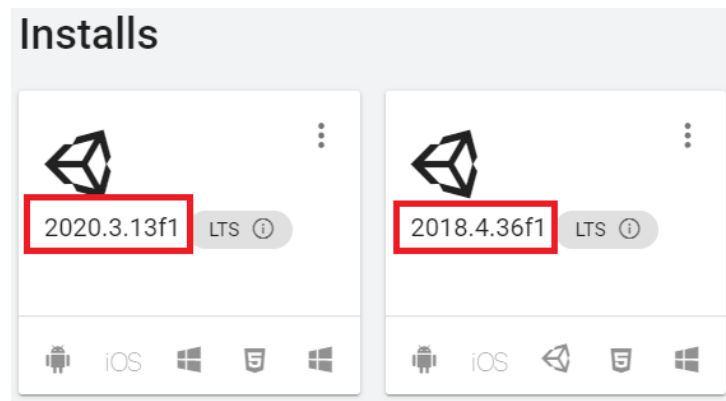


Figura 67. Versiones de Unity instaladas visualizadas desde Unity Hub.

5. El siguiente paso es activar de forma manual una licencia para Unity. Para ello, se accede al icono de General (rueda dentada en la parte superior derecha) y a License Management.

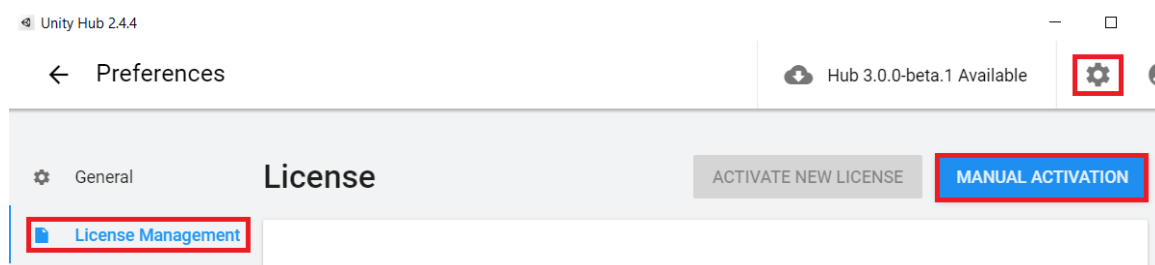


Figura 68. Activación manual de la licencia de Unity.

6. Pinchar sobre SAVE LICENSE REQUEST, guardando el archivo Unity\_lic.alf con la licencia.

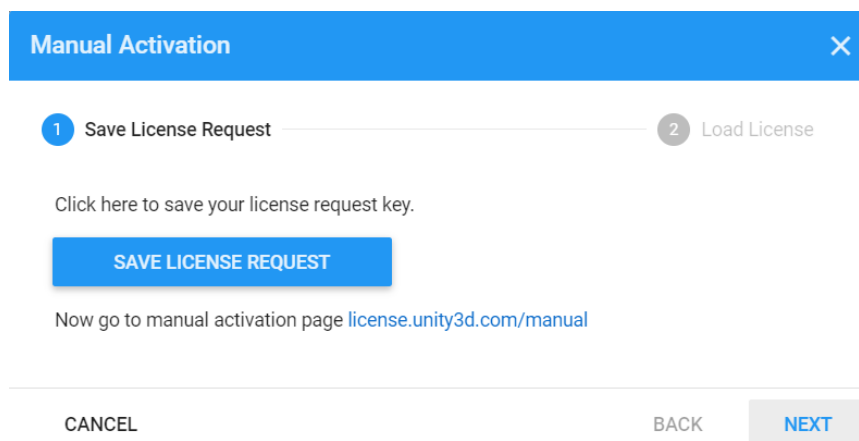


Figura 69. Descarga del archivo con la licencia para activar Unity.

7. Pinchar sobre el link que aparece y registrarse en la web de Unity. Se puede crear un Unity ID nuevo o usar una cuenta de Google, por ejemplo.

Sign into your Unity ID

If you don't have a Unity ID, please [create one](#).

Email

Password

Remember me

Sign in

Figura 70. Registro en la web de Unity.

Automáticamente llegará a la cuenta indicada un email de confirmación.

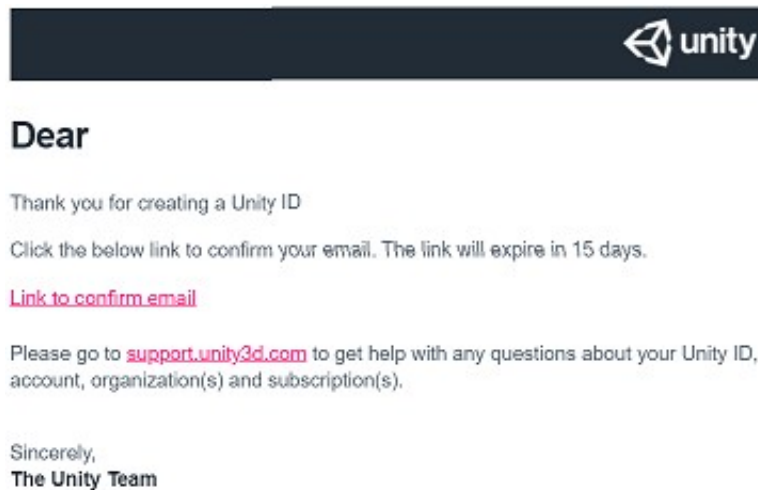


Figura 71. Confirmación vía email de la cuenta usada para el registro en Unity.

8. Cargar el archivo descargado Unity\_lic.alf que contiene la licencia. ¡Ánimo! ya casi se ha terminado.

Manual Activation

Save License Request 1 Load License 2

Load license file to this machine.

License File \*

CANCEL BACK CONFIRM

Figura 72. Carga del archivo con la licencia de activación de Unity.

9. A continuación, seleccionar el tipo de licencia (en este caso, Unity Personal) y pinchar sobre DONE.

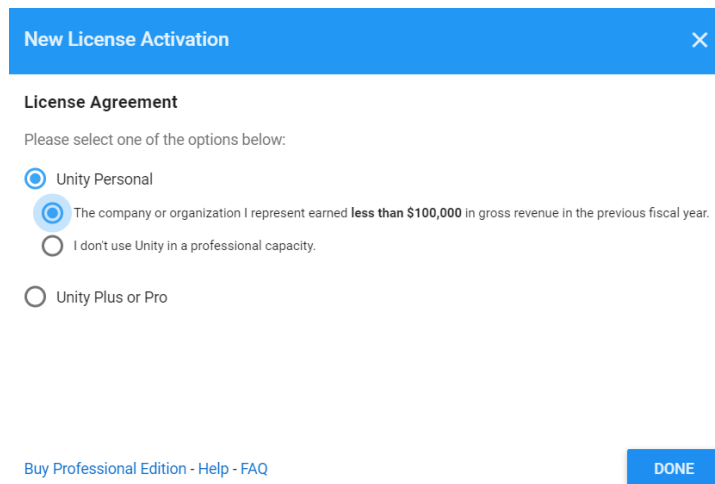


Figura 73. Selección del tipo de licencia en Unity.

10. Como último paso, desde Unity Hub en la pestaña de License Management se pincha sobre ACTIVATE NEW LICENSE para finalizar el proceso.

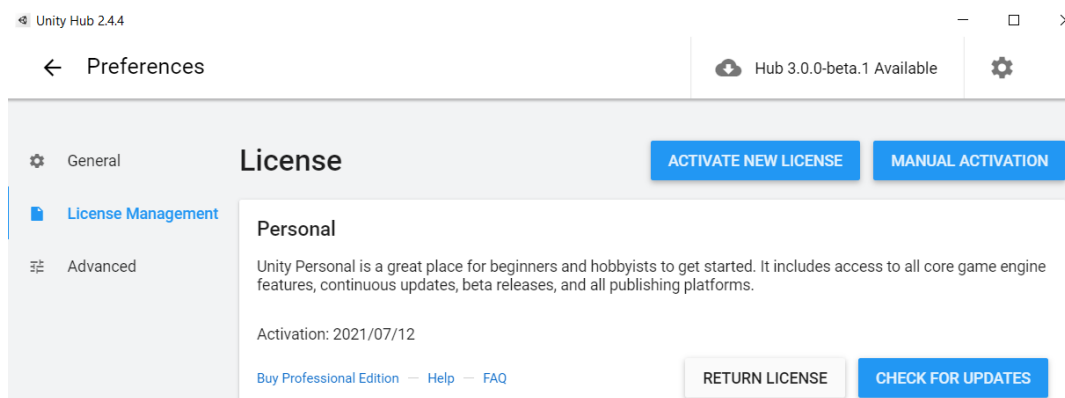


Figura 74. Activación de la licencia de Unity desde Unity Hub.

Desde este momento ya se puede crear en Unity un nuevo proyecto, desde Projects y New, para trabajar pero no se dispone, en la ventana Hierarchy, de una cámara de RA (AR Camera) que se pueda usar en la escena de trabajo. Nos falta la magia de la RA.

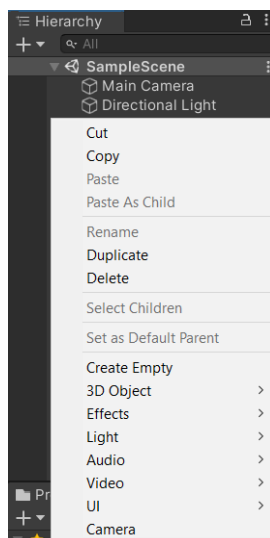


Figura 75. Unity sin Vuforia instalado.

Para poder usar una AR Camera en Unity se debe instalar el SDK Vuforia como se indica a continuación.

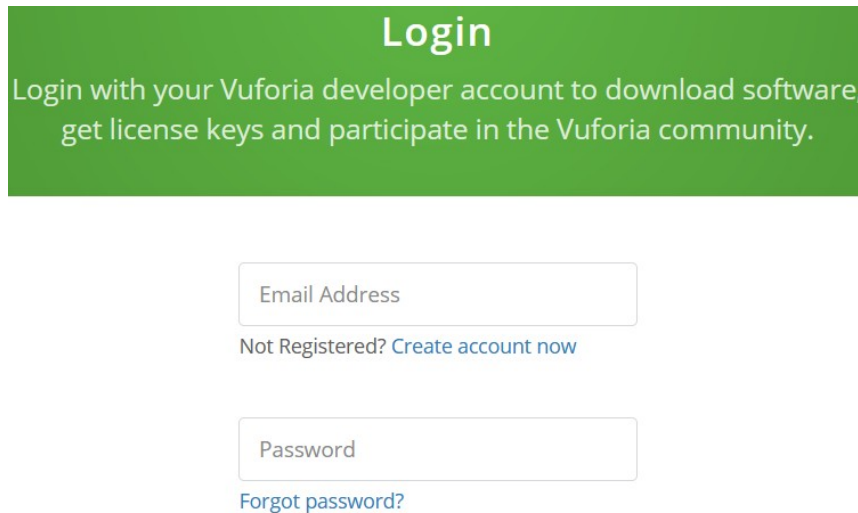
### Instalación de Vuforia

Hay diversas opciones para instalar Vuforia en Unity, tras probar algunas de ellas se optó por instalar Vuforia directamente desde el *package* de instalación ya que no originó ningún problema y, además, es una forma muy sencilla y rápida.

Además, es necesario obtener una licencia para activar la AR Camera en Unity.

Los pasos a realizar son los siguientes:

1. Acceder a <https://developer.vuforia.com/> para crear una cuenta y hacer Log In.



**Login**

Login with your Vuforia developer account to download software, get license keys and participate in the Vuforia community.

Email Address

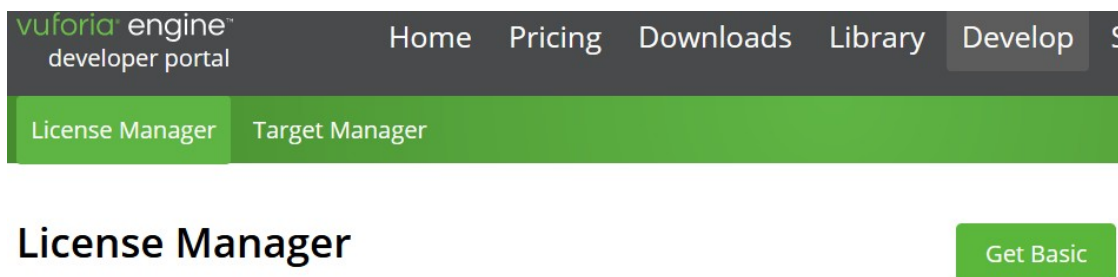
Not Registered? [Create account now](#)

Password

[Forgot password?](#)

Figura 76. Crear una cuenta de usuario en la web de Vuforia.

2. Acceder a License Manager y pinchar sobre Get Basic.



vuforia engine  
developer portal

Home Pricing Downloads Library Develop S

License Manager Target Manager

## License Manager

Get Basic

Figura 77. Solicitud de licencia en Vuforia.

3. Dar un nombre a la licencia (1), marcar la casilla de verificación (2) y confirma (3).

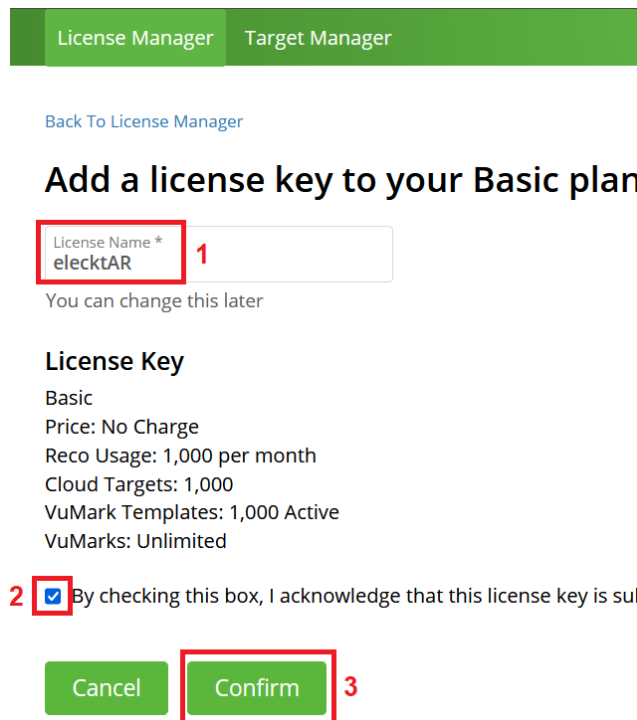


Figura 78. Confirmación de licencia en Vuforia.

- Desde License Manager se tiene acceso a la licencia creada que se deberá copiar en el portapapeles para introducirla más tarde en Unity.
- Identificados en Vuforia, acceder a <https://developer.vuforia.com/downloads/SDK> para descargar el *package* que permitirá activar la AR Camera en Unity junto con la licencia.

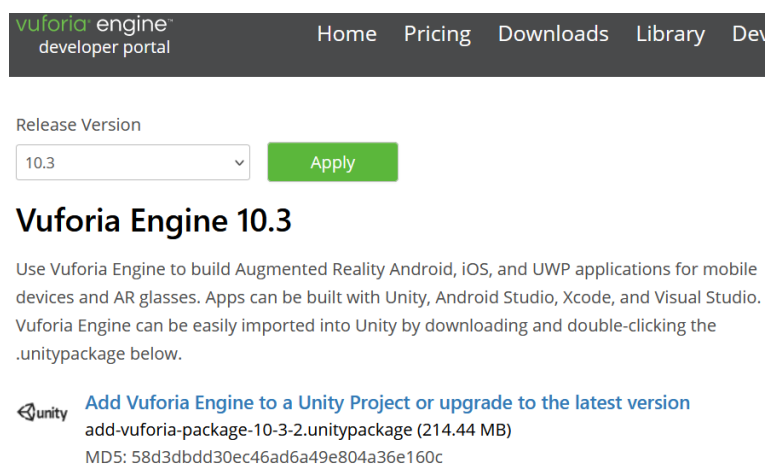


Figura 79. Descarga del *package* para activar la AR Camera en Unity.

En este proyecto se instaló el *package* `add-vuforia-package-10-2-5.unitypackage`, versión disponible en el momento de su descarga. Actualmente, se puede descargar la versión 10-3-2, como se indica en la figura anterior.

- Abrir un nuevo proyecto desde NEW en Unity Hub (opción 3D), dándole nombre y seleccionando la ubicación de la carpeta de archivos que generará.



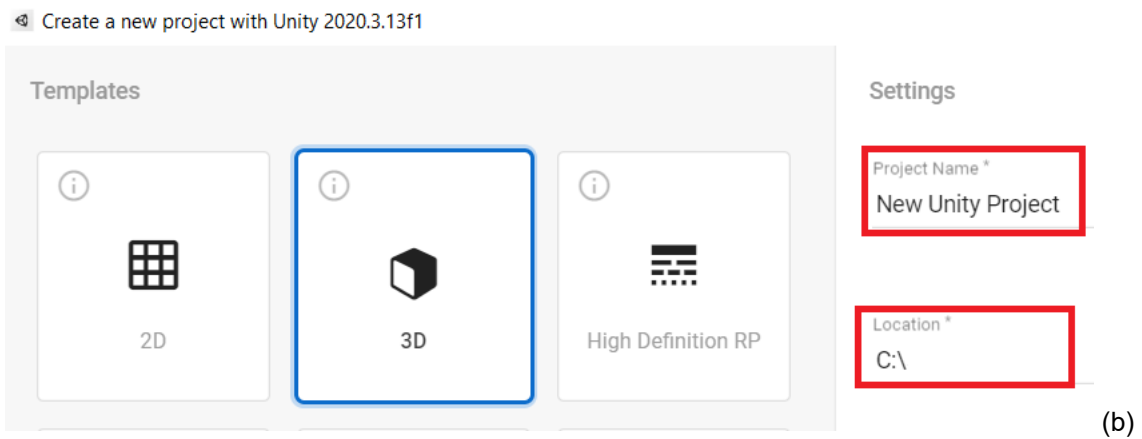
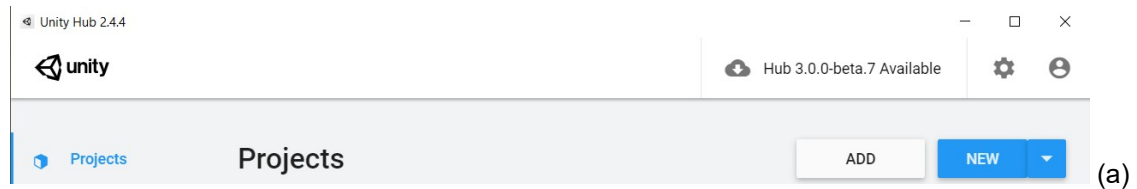


Figura 80. Creando un nuevo proyecto en Unity (a) y (b).

- Para instalar Vuforia en Unity, hacer doble click sobre el *package* `add-vuforia-package-10-2-5.unitypackage` con Unity abierto y la instalación se realizará automáticamente tras pinchar sobre Import y Update (cuando aparezca el aviso):

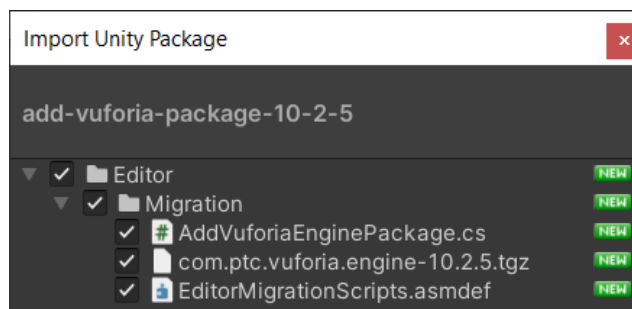


Figura 81. Instalación del *package* de Vuforia en Unity.

- ¡Felicidades! Ya se dispone de una AR Camera en Unity y está más cerca el objetivo de crear realidad aumentada.
- Se pincha sobre Main Camera desde la ventana Hierarchy y se borra con la tecla Supr y se añade, pinchando con el botón derecho del ratón en dicha ventana, la AR Camera desde Vuforia Engine:

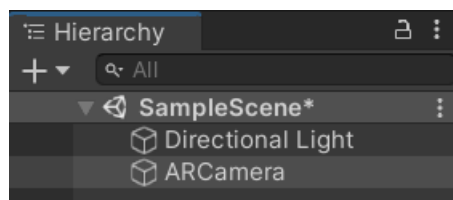


Figura 82. Borrado de Main Camera y adición de AR Camera en Unity.

- Desde Inspector de AR Camera, pinchar sobre Open Vuforia Engine Configuration

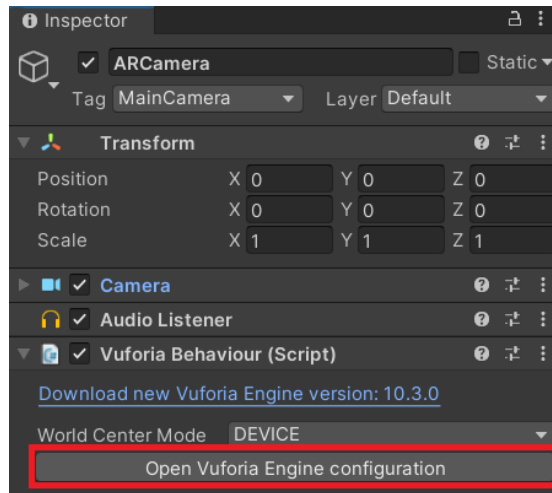


Figura 83. Acceso a Open Vuforia Engine Configuration.

17. En Add License, añadir la licencia que se obtuvo en el portal de Vuforia y ahora se da por finalizada la instalación de Vuforia en Unity.

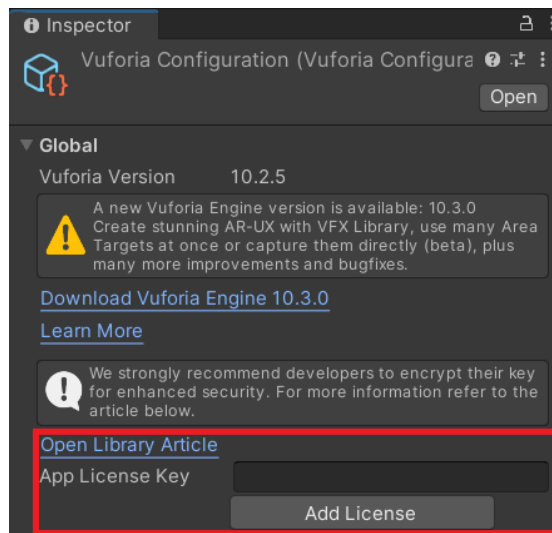


Figura 84. Incluir la licencia de Vuforia en la AR Camera creada en Unity.

Desde este momento, siguiendo las indicaciones de los apartados 6.4 al 6.9 de esta memoria y con toda la imaginación para generar modelos 3D ya se puede dar rienda suelta a la magia de la RA.

## ANEXO II - MANUAL DE INSTALACIÓN DE BLENDER



Figura 85. Logotipo de Blender, extraído de <https://www.blender.org/>.

La instalación de esta herramienta para la creación de contenido 3D es muy sencilla. Los pasos a seguir para su instalación son los siguientes:

1. Ve a la página de Blender al apartado Download (<https://www.blender.org/download/>), selecciona tu sistema operativo y haz click en el botón azul de la parte superior central de la web para descargar el *software*.

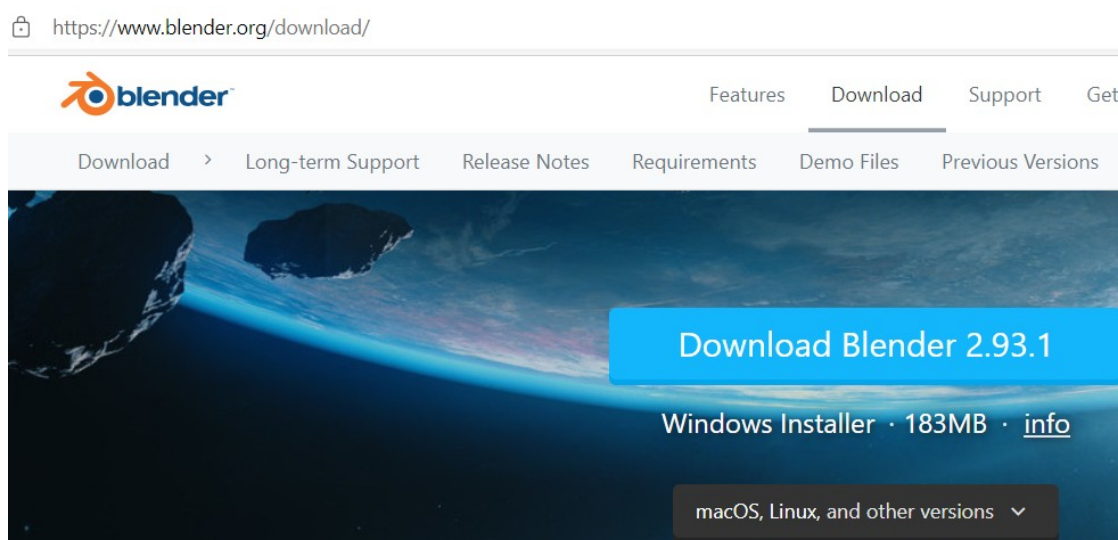


Figura 86. Web para la descarga de Blender.

En este caso, la versión que se descargó fue la 2.93.1 para Windows (183 MB) el 14/07/2021. A 02/01/2022 la versión disponible para descarga es la 3.0.

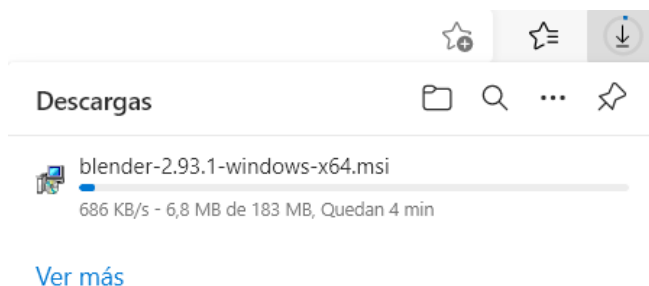


Figura 87. Proceso de descarga del *software* Blender.

2. Descargado el *software*, hacer doble click en el fichero y se inicia la instalación tras pinchar sobre *Next*.



Figura 88. Inicio del proceso de instalación de Blender.

3. Acepta el acuerdo de licencia y haz click en *Next*.



Figura 89. Acuerdo de licencia para el uso de Blender.

4. Se selecciona la ubicación de instalación y se hace click en *Next*.

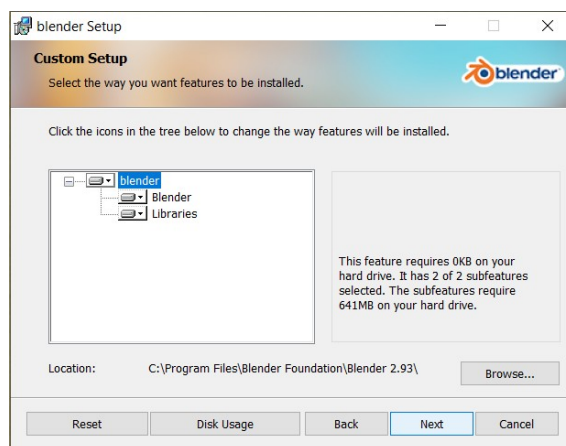


Figura 90. Selección de la ubicación donde instalar Blender.

5. Haz click en *Install* y empieza la instalación.

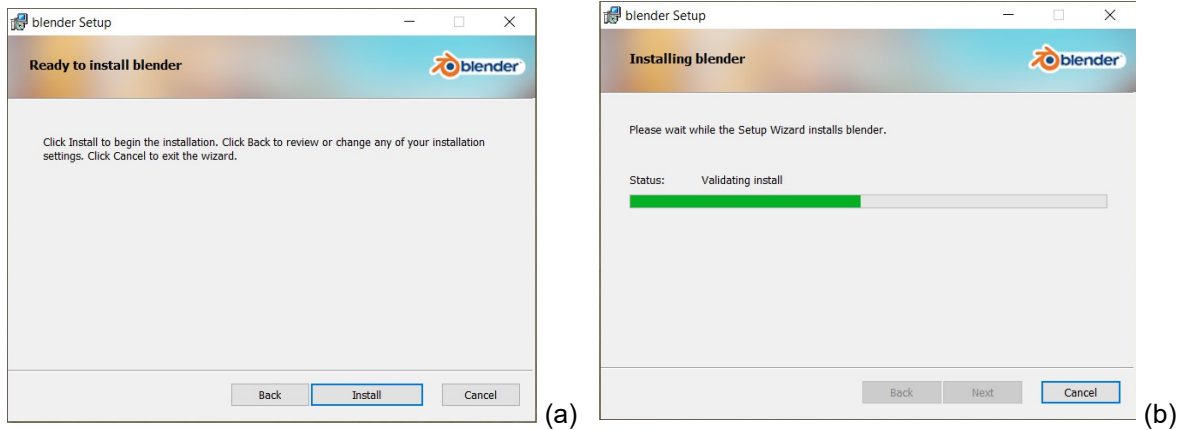


Figura 91. Inicio del proceso de instalación de Blender (a) y (b).

7. Casi has acabado. Ahora, haz click en *Finish* una vez completada la instalación.

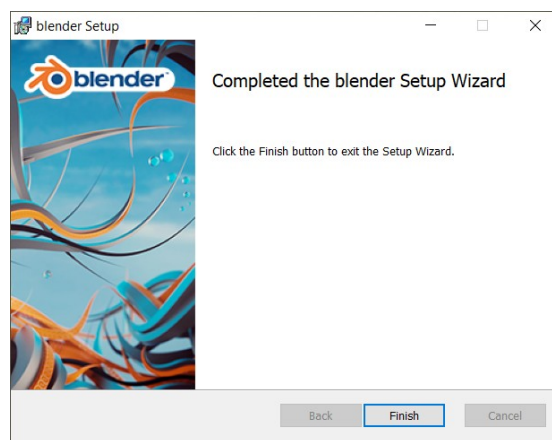


Figura 92. Finalización del proceso de instalación de Blender.

8. ¡Enhorabuena! El *software* está instalado y listo para ser usado. Bienvenida/o al fascinante mundo del modelado 3D.

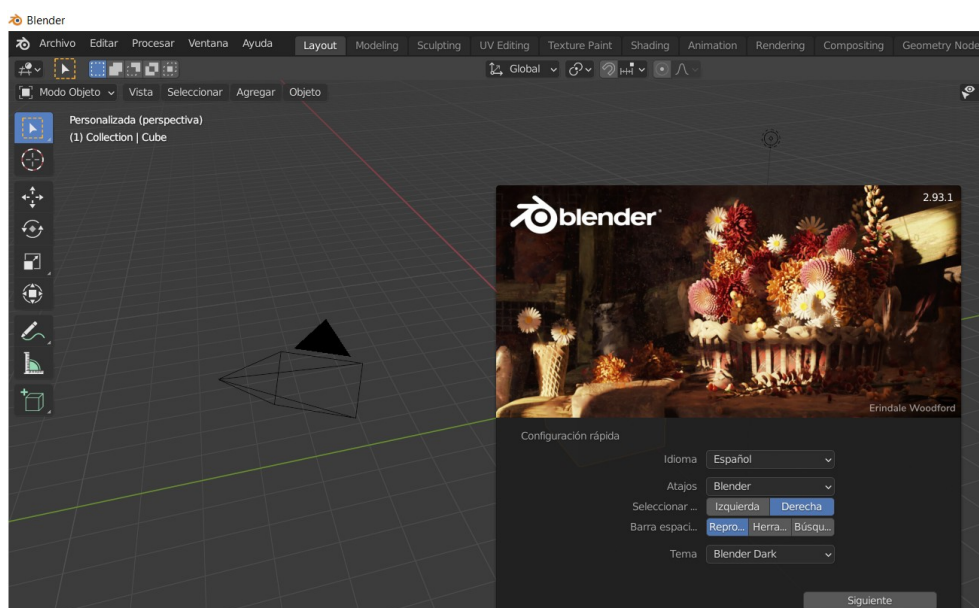


Figura 93. Pantalla de inicio de Blender tras su instalación.

## ANEXO III - MANUAL DE INSTALACIÓN Y USO DE VUFORIA OBJECT SCANNER EXPORTAR OBJETO 3D ESCANEADO A UNITY

Para escanear un objeto 3D se usa la aplicación **Vuforia Object Scanner**, disponible para Android, y que se puede descargar desde la web de Vuforia a través del siguiente enlace: <https://developer.vuforia.com/downloads/tool>



### Download Object Scanner

VuforiaObjectScanner-10.3.2.zip (34.42 MB)

MD5: acf77319a05c6aa17358a98987ff8039

Figura 94. Descarga de la aplicación Vuforia Object Scanner.

En el mismo enlace aparece una nota indicando aquellos dispositivos que son compatibles con dicha aplicación.

Transferir el archivo VuforiaObjectScanner-10-3-2.apk (incluido en el fichero .zip descargado) al *smartphone* a la carpeta APK o APKs que aparece en Mis archivos o Gestor de Archivos (la denominación dependerá el modelo de *smartphone*). La transferencia del archivo se puede realizar vía usb o *bluetooth*.

Una vez transferido el archivo .apk, es posible que se deba activar la opción “Orígenes desconocidos” para permitir que se pueda instalar una aplicación que no proviene de Play Store. Para ello hay que dirigirse a “Ajustes” y buscar el apartado “Seguridad” desde donde se puede activar la opción indicada.

Dependiendo del *smartphone* los “Orígenes desconocidos” pueden ubicarse en diferentes apartados por lo que una opción es usar el buscador del propio *smartphone* para localizarlo rápidamente.

Desde la carpeta donde se haya descargado el archivo .apk, presionar sobre el archivo, aceptar su instalación y se iniciará la misma.

¡Conseguido! ¡Aplicación instalada!

En el *smartphone* aparecerá el siguiente icono:



Figura 95. Icono de Vuforia Object Scanner instalada en un *smartphone*.

### ¿Cómo escanear un objeto 3D con Vuforia Object Scanner?

Antes de empezar con el escaneado del objeto 3D es necesario descargar un pdf incluido en el propio fichero descargado con al aplicación o descargarlo a través del enlace: <https://developer.vuforia.com/sites/default/files/A4-ObjectScanningTarget.pdf>

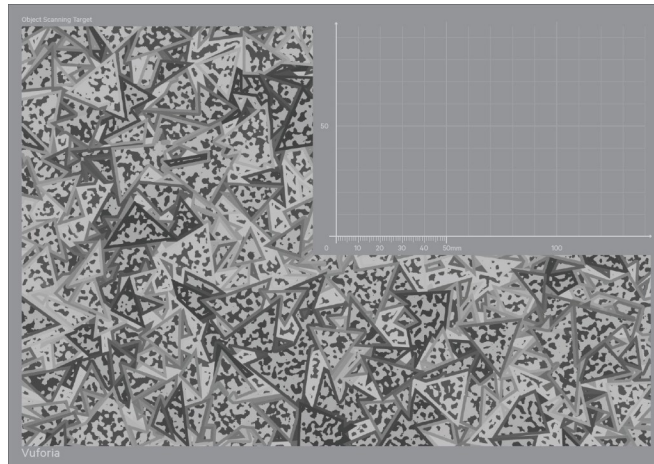


Figura 96. Diagrama para escanear objetos 3D con Vuforia Object Scanner.

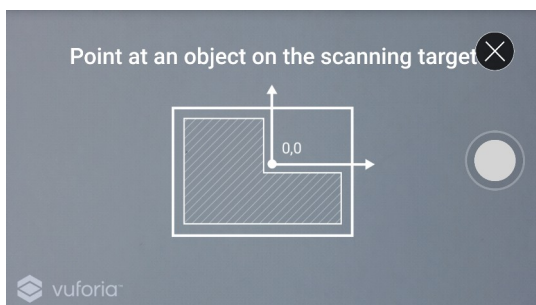
Este pdf debe imprimirse ya que es un diagrama usado para facilitar el escaneado del objeto 3D al ayudar a definir su posición y orientación.

Para empezar a escanear el objeto 3D simplemente debemos colocar dicho objeto en el recuadro de la parte superior derecha del pdf imprimido, arrancar la aplicación en el *smartphone* y hacer clic en el icono indicado con un signo +.

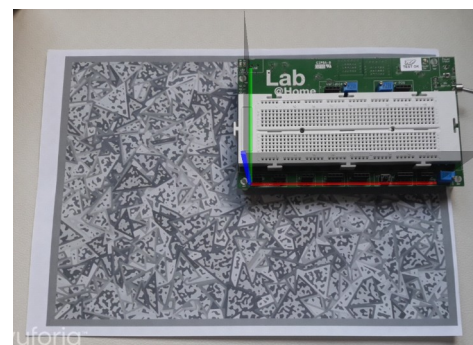


Figura 97. Crear el fichero del objeto 3D a escanear en Vuforia Object Scanner.

Aparecerá un aviso para enfocar hacia el objeto a escanear y, a continuación, una caja de alineación, con tres líneas de colores (rojo, verde y azul) correspondientes a los ejes XYZ.



(a)



(b)

Figura 98. Inicio del proceso de escaneado de objeto 3D usando Vuforia Object Scanner (a) y caja de alineación (b).

A partir de este punto, aparece una cúpula de color gris sobre el objeto a escanear y se empiezan a reconocer unos puntos de identificación verdes que usa la aplicación para indicar las áreas escaneadas (en verde) y las que están pendientes de escanear (en gris).

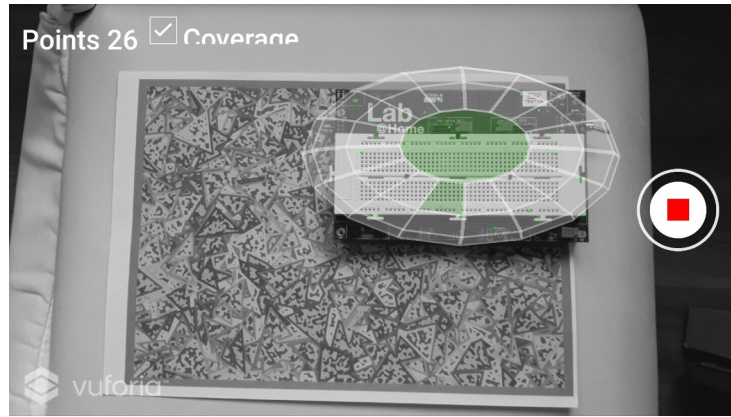


Figura 99. Captura de puntos de identificación de un objeto 3D usando Vuforia Object Scanner.

Es importante que al realizar el escaneo del objeto 3D se consigan el mayor número de puntos de referencia posible (si es necesario se debe hacer un reescaneo del objeto) para que el reconocimiento de dicho objeto sea más rápido y preciso. También es importante y recomendable que el escaneo se haga con buena iluminación, preferiblemente natural, evitando reflejos.

Tras realizar el escaneo en el *smartphone* se genera un fichero de extensión *.od* que pasará, en este caso al portátil, para subirlo a la base de datos de Vuforia con el resto de marcadores.

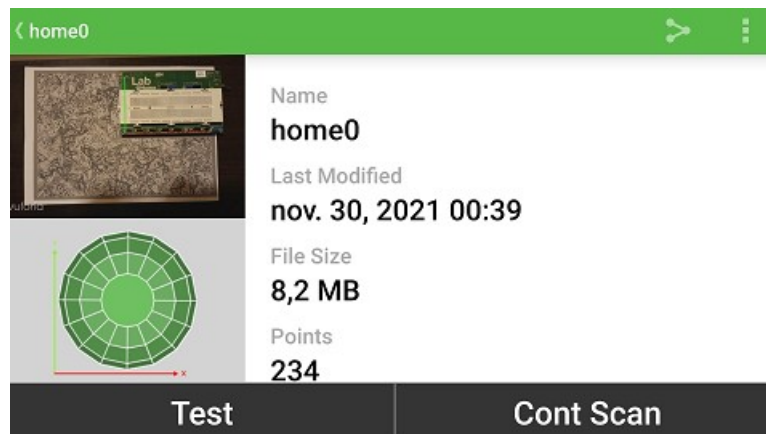


Figura 100. Resultado del escaneo del objeto 3D y fichero generado *.od*.

### ¿Cómo exportar un objeto 3D escaneado con Vuforia Object Scanner a Unity?

Con el fichero *.od* en el portátil ya se puede añadir el objeto 3D en la base de datos de Vuforia. Para ello se accede al portal de desarrollo de Vuforia, <https://developer.vuforia.com/>, y se hace *Log in*.



## Target Manager

Use the Target Manager to create and manage databases and targets.

Search

Database	Type	Targets	Date Modified
<b>electkAR</b>	Device	19	Dec 04, 2021

Figura 101. Acceso a Target Manager en la web de Vuforia.

Tras acceder a la base de datos denominada *electkAR*, se añade un nuevo *target* subiendo el fichero .od generado teniendo en cuenta que se debe elegir la opción *3D Object*:

Target Manager > electkAR

**electkAR** [Edit Name](#)

Type:

Targets (19)

**Add Target**

**Add Target**

Type:

Single Image Cuboid Cylinder **3D Object**

File:

Choose File [Browse...](#)

File must be Vuforia Object Scanner data. For more information, see the Vuforia Object Scanner Application.

Name:

Name must be unique to a database. When a target is detected in your application, this will be reported in the API.

(a) (b)

Figura 102. Añadir un nuevo *target* en la base de datos de la web de Vuforia (a) y elección del tipo de *target* (b).

Se comprueba que ha subido correctamente el nuevo *target*:

**electkAR** [Edit Name](#)

Type:

Targets (19)

[Add Target](#) [Download Database \(All\)](#)

<input type="checkbox"/>	Target Name	Type	Rating ⓘ	<b>Status</b> ▾	Date Modified
<input type="checkbox"/>	home0	Object	n/a	<b>Active</b>	Dec 04, 2021 10:10

Figura 103. Nuevo *target* subido correctamente en la base de datos de Vuforia.

A continuación, se descarga el fichero de la *Database* pinchando sobre el icono *Download Database (All)* y seleccionando la opción *Unity Editor*.

Por último, para exportar a Unity, se debe hacer doble click sobre el fichero generado de nombre \*.unitypackage con Unity abierto y la exportación se realiza automáticamente tras pinchar sobre *Import* en la ventana que se abrirá similar a la siguiente:

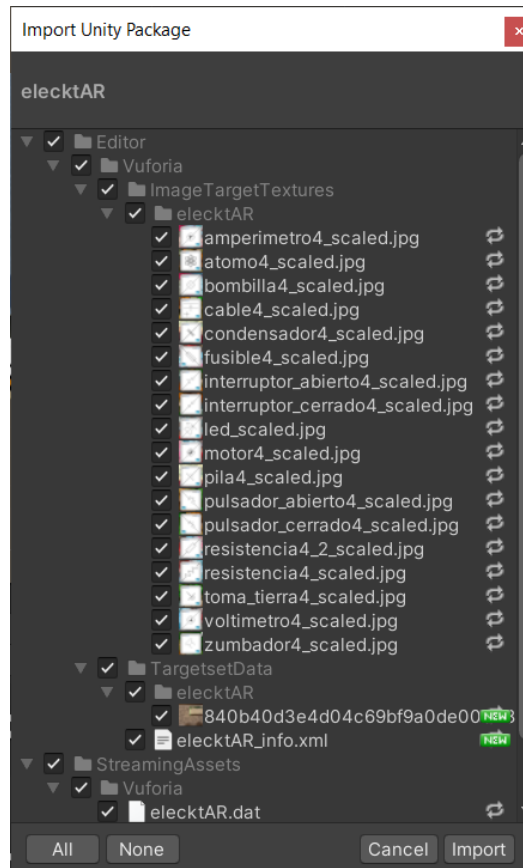


Figura 104. Exportación de objeto 3D escaneado con Vuforia Object Scanner a Unity.

Las actualizaciones en la base de datos correspondientes a nuevos *targets* aparecen indicadas con un icono verde con el texto NEW.

## ANEXO IV - SCRIPTS

Los *scripts* aportados se pueden agrupar según corresponden a:

1. Rotación sobre los ejes X-Y-Z.  
*Scripts*: Move1.cs, Move2.cs y Move3.cs
2. Rotación alrededor de un punto de referencia sobre los ejes X-Y-Z o combinaciones de los mismos.  
*Scripts*: RotationX.cs, RotationY.cs, RotationZ.cs y RotationXZ.cs
3. Corrección del problema de autoenfoco existente en ciertos dispositivos.  
*Script*: CameraFocus2.cs

En el propio fichero del *script* .cs, aportado junto con la documentación del proyecto, no se ha dado ninguna explicación ya que se realizará la misma en esta memoria y, además, son *scripts* muy sencillos de entender ya que la finalidad es poder explicarlos tanto al alumnado como al profesorado que no tiene porque tener excesivos conocimientos en el lenguaje de programación en C#.

### Rotación sobre los ejes X-Y-Z

En el grupo de *scripts* correspondientes a movimientos sobre los ejes X-Y-Z se ha usado el método *Rotate* de la clase *Transform* que se colocará en la función *Update* de la clase *MonoBehaviour* para que, cuando dicha clase esté activa, se ejecute automáticamente en cada *frame* respecto del *GameObject* que lo tenga asignado.

Mediante *Vector3(x,y,x)*, estructura usada para representar vectores y puntos 3D, se marca el eje de rotación según el valor que se indique en cada uno de los ejes. En este caso, se ha usado el valor de 30f (la letra f se usa para indicar que es *float*) ya que tras varias pruebas se ha considerado que es una velocidad de giro adecuado para visualizar correctamente todos los detalles del modelo 3D correspondiente al *GameObject* que lo tenga asignado.

Añadir que *Vector3* va multiplicado por *Time.deltaTime* para expresar que el objeto se moverá una velocidad determinada por segundo y no por *frame* (por *frame* el objeto se mueve con excesiva velocidad).

Por último, indicar que cada *script* se ha asignado a un *GameObject* de forma que la rotación permita que se aprecie con total detalle el modelo 3D correspondiente a dicho *GameObject*.

#### Move1.cs (rotación sobre el eje Z)

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class Move1 : MonoBehaviour
{
    // Start is called before the first frame update
    void Start()
    {
```

```

}

// Update is called once per frame
void Update()
{
    transform.Rotate(new Vector3(0f, 0f, 30f) * Time.deltaTime);
}
}

```

### Move2.cs (rotación sobre el eje X)

```

using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class Move2 : MonoBehaviour
{
    // Start is called before the first frame update
    void Start()
    {

    }

    // Update is called once per frame
    void Update()
    {
        transform.Rotate(new Vector3(30f, 0f, 0f) * Time.deltaTime);
    }
}

```

### Move3.cs (rotación sobre el eje Y)

```

using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class Move3 : MonoBehaviour
{
    // Start is called before the first frame update
    void Start()
    {

    }

    // Update is called once per frame
    void Update()
    {
        transform.Rotate(new Vector3(0f, 30f, 0f) * Time.deltaTime);
    }
}

```

## Rotación alrededor de un punto de referencia sobre los ejes X-Y-Z o combinaciones de los mismos

En el grupo de *scripts* correspondientes a rotación alrededor de un punto de referencia sobre los ejes X-Y-Z o combinaciones de los mismos se ha usado el método *RotateAround* de la clase *Transform* que se colocará en la función *Update* de la clase *MonoBehaviour* para que, cuando dicha clase esté activa, se ejecute automáticamente en cada *frame* respecto del *GameObject* que lo tenga asignado.

El método *RotateAround* viene definido con 3 parámetros:

1. El primer parámetro, *pivotObject.transform.position*, hace referencia al objeto que se va a usar como punto de referencia o pivote para realizar la rotación respecto del eje o ejes indicados. En este caso, se ha definido un *GameObject* como *public* para poder seleccionar el objeto (*pivotObject*) que se quiera usar desde la ventana principal de Unity.
2. El segundo parámetro, *Vector3 (x,y,z)*, es la estructura usada para representar vectores y puntos 3D, que marca el eje de rotación sobre el que realizar la rotación mediante un 1.
3. El tercer parámetro, *speed*, indica la velocidad de rotación. En este caso, se ha definido un *speed* como *public* para poder seleccionar la velocidad de rotación desde la ventana principal de Unity. Además, va multiplicado por *Time.deltaTime* para expresar que el objeto se moverá una velocidad determinada por segundo y no por *frame* (por *frame* el objeto se mueve con excesiva velocidad).

Por último, indicar que cada *script* se ha asignado a un *GameObject* concreto correspondiente a los electrones del modelo 3D del átomo (un *script* diferente para cada uno de los cuatro electrones que se han modelado).

### RotationX.cs (rotación sobre el eje X alrededor de un punto de referencia)

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class RotationX : MonoBehaviour
{
    public float speed;
    public GameObject pivotObject;

    // Start is called before the first frame update
    void Start()
    {

    }

    // Update is called once per frame
    void Update()
    {
        transform.RotateAround(pivotObject.transform.position, new Vector3 (1,0,0), speed *
Time.deltaTime);
    }
}
```

### RotationY.cs (rotación sobre el eje Y alrededor de un punto de referencia)

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class RotationY : MonoBehaviour
{
    public float speed;
    public GameObject pivotObject;

    // Start is called before the first frame update
    void Start()
    {

    }

    // Update is called once per frame
    void Update()
    {
        transform.RotateAround(pivotObject.transform.position, new Vector3(0, 1, 0), speed *
Time.deltaTime);
    }
}
```

### RotationZ.cs (rotación sobre el eje Z alrededor de un punto de referencia)

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class RotationZ : MonoBehaviour
{
    public float speed;
    public GameObject pivotObject;

    // Start is called before the first frame update
    void Start()
    {

    }

    // Update is called once per frame
    void Update()
    {
        transform.RotateAround(pivotObject.transform.position, new Vector3(0, 0, 1), speed *
Time.deltaTime);
    }
}
```

### RotationXZ.cs (rotación sobre los ejes X y Z alrededor de un punto de referencia)

```
using System.Collections;
```

```

using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class RotationXZ : MonoBehaviour
{
    public float speed;
    public GameObject pivotObject;

    // Start is called before the first frame update
    void Start()
    {

    }

    // Update is called once per frame
    void Update()
    {
        transform.RotateAround(pivotObject.transform.position, new Vector3(1, 0, 1), speed *
Time.deltaTime);
    }
}

```

### Corrección del problema de autoenfoco existente en ciertos dispositivos

La aplicación se ha probado en los siguientes dispositivos:

1. Xiaomi Redmi 9AT versión de Android 10 QP1A.
2. Xiaomi Mi A1 versión de Android 9.
3. Samsung Galaxy A30s versión de Android 10.
4. Samsung Galaxy J7 versión de Android 9.

Indicar que en este dispositivo se detectó un problema con el autoenfoco que se solucionó mediante el *script* aportado denominado *CameraFocus2.cs*.

Respecto al problema del autoenfoco hay que realizar unas puntualizaciones:

1. Aunque se ha usado el *script* oficial que aparece en la propia web de Vuforia (<https://library.vuforia.com/platform-support/working-camera-unity>).
2. Se indica tanto en páginas oficiales como no oficiales que dicho *script* no soluciona el problema en todos los dispositivos ya que hay una serie de incompatibilidades que no corrige y que están asociadas a determinados dispositivos (muchos de ellos son de la marca *Samsung*) y a su certificación ARCore. Algunos de esos dispositivos están listados en el siguiente enlace: <https://developers.google.com/ar/devices>.

### CameraFocus2.cs

```

using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using Vuforia;

public class CameraFocus2 : MonoBehaviour

```

```

{
void Start()
{
    VuforiaApplication.Instance.OnVuforiaStarted += OnVuforiaStarted;
    VuforiaApplication.Instance.OnVuforiaPaused += OnPaused;
}


private void OnVuforiaStarted()
{
    VuforiaBehaviour.Instance.CameraDevice.SetFocusMode(
        FocusMode.FOCUS_MODE_CONTINUOUSAUTO);
    VuforiaBehaviour.Instance.CameraDevice.SetCameraMode(Vuforia.CameraMode.MO
E_DEFAULT);
}

private void OnPaused(bool paused)
{
    if (!paused) // Resumed
    {
        // Set again autofocus mode when app is resumed
        VuforiaBehaviour.Instance.CameraDevice.SetFocusMode(
            FocusMode.FOCUS_MODE_CONTINUOUSAUTO);
    }
}
}

```



## ANEXO V- MANUAL DE INSTALACIÓN Y USO DE LA APLICACIÓN

<b>Proyecto</b>	 <b>Electk[AR]</b> , aplicación para el aprendizaje de circuitos eléctricos básicos y sus componentes mediante realidad aumentada (RA)
<b>Autor</b>	Vicente José Safont López
<b>Entregable</b>	Manual de instalación y uso de la aplicación
<b>Versión</b>	1.0
<b>Fecha de la versión</b>	08/12/2021

### Objeto

El presente documento servirá de ayuda para la instalación y uso de esta aplicación.

### Requisitos mínimos

La aplicación se ha generado para la versión de Android 9.0 Pie (API level 28), versión mínima necesaria para soportar realidad aumentada sin marcador (RA de nivel 2).

### Instalación de la aplicación

1. Transferir el archivo *electkAR.apk* al *smartphone* a la carpeta APK o APKs que aparece en Mis archivos o Gestor de Archivos (la denominación dependerá el modelo de *smartphone*).

La transferencia del archivo se puede realizar vía *usb* o *bluetooth*.

2. Una vez transferido el archivo *.apk*, hay que activar la opción “Orígenes desconocidos” para permitir que se pueda instalar una aplicación que no proviene de Play Store. Para ello hay que dirigirse a “Ajustes” y buscar el apartado “Seguridad” desde donde se puede activar la opción indicada.

Dependiendo del *smartphone* los “Orígenes desconocidos” pueden ubicarse en diferentes apartados por lo que una opción es usar el buscador del propio *smartphone* para localizarlo rápidamente.

3. Desde la carpeta donde se haya descargado el archivo *.apk*, presionar sobre el archivo, aceptar su instalación y se iniciará la misma.
4. ¡Conseguido! Ya formas parte de la comunidad de usuarias/os de *electk[AR]*. ¡Bienvenida/o!

### Recomendaciones previas al uso de la aplicación

Con la aplicación correctamente instalada en el *smartphone*, antes de empezar a usarla hay que hacer una serie de indicaciones:

1. Debido a un problema de incompatibilidad de determinados *smartphones* y a su certificación ARCore, ciertos dispositivos sufren un problema de autoenfoco. El problema se soluciona, en la mayoría de dispositivos aunque no en todos, usando el

*script* oficial que aparece en la web de Vuforia (<https://library.vuforia.com/platform-support/working-camera-unity>).

Algunos de los dispositivos donde no se corrige el error están listados en el siguiente enlace: <https://developers.google.com/ar/devices>.

2. Se deben imprimir los marcadores y/o las *flashcards*, para disparar la RA de nivel 1, y tener lista la *protoboard* (objeto 3D escaneado) para disparar la RA de nivel 2.

Se recomienda que la calidad de impresión no sea en modo borrador para facilitar el reconocimiento de todos los puntos de referencia en marcadores y *flashcards*.

Tras diversas pruebas, se ha comprobado que la distancia más adecuada para enfocar tanto los marcadores como las *flashcards* (que tienen integrados los marcadores) es de 25 a 30 cm para marcadores entre 6x6 y 8x8 cm de ancho por largo.

Para el objeto 3D escaneado para RA de nivel 2, la aplicación funciona, de igual forma, a distancias más cercanas y más alejadas respecto de las indicadas para marcadores y *flashcards*.

3. Importante y recomendable que el enfoque de marcadores, *flashcards* y *protoboard* se haga con buena iluminación, preferiblemente natural, evitando reflejos.

### **Uso de la aplicación**

El uso de la aplicación es muy sencillo ya que únicamente se debe iniciar la aplicación en el *smartphone* y enfocar hacia el marcador, la *flashcard* o la *protoboard* para que se dispare la RA.

Es importante indicar que únicamente se puede visualizar un disparador de RA a la vez (sea marcador, *flashcard* o objeto 3D escaneado) y que si se acerca o se aleja el *smartphone* del disparador se hace *zoom* sobre el modelo 3D y visualizarlo con mayor o menor detalle y desde diferentes ángulos.

## **ANEXO VI - UNIDAD DIDÁCTICA**

**Nota aclaratoria:** la unidad didáctica que se adjunta en este anexo tiene una numeración de páginas diferente a la memoria ya que la unidad didáctica se ha numerado en función de las páginas que tiene para que corresponda con su índice.

# ***CIRCUITOS ELÉCTRICOS***

**elect**[AR]

Aplicación para el aprendizaje de circuitos eléctricos básicos y sus componentes mediante realidad aumentada (RA)



La presente unidad didáctica ha sido desarrollada tomando como referencia la siguiente documentación:

1. Título: Corriente eléctrica

Autor: Santiago Cambor

Asignatura: Tecnología

Curso: 1º ESO\*

Desarrollado para: "Apuntes Marea Verde" que es un grupo de trabajo de profesores de enseñanza pública que elabora materiales curriculares gratuitos.

El documento se puede descargar bajo licencia *Creative Commons* y se permite el uso y modificación del material siempre que no sea con fines comerciales, se cite la autoría y se mantenga el mismo tipo de licencia en modificaciones de la obra.

Cambor, Santiago (2013) "*Corriente eléctrica*" [en línea]

[Fecha de consulta: 30 de octubre de 2021]

<<https://www.apuntesmareaverde.org.es/grupos/tec/loe/1eso/electricidad.pdf>>

2. Título: La electricidad

Autor: IES\* Bellavista - Departamento de Tecnología

Carretera de la Isla, s/n

41014 - Sevilla

Asignatura: Tecnología

Curso: 2º ESO

Desarrollado para: el alumnado del citado centro educativo. El documento se puede descargar desde la página web que se cita a continuación sin indicarse ningún tipo de licencia para su uso y/o modificación.

IES Bellavista (2015) "*La electricidad*" [en línea]

[Fecha de consulta: 30 de octubre de 2021]

<<https://blogsaverroes.juntadeandalucia.es/iesbellavista/tecnologia/2o-eso-tecnologia/>>

3. Título: Tema 3: Electricidad

Autor: IES Antonio González González - Departamento de Tecnología

Calle Aveti, 33

38260 - Tejina (Santa Cruz de Tenerife)

Asignatura: Tecnologías

Curso: 2º ESO

Desarrollado para: el alumnado del citado centro educativo. El documento se puede descargar desde la página web que se cita a continuación bajo licencia *Creative Commons* indicándose que se debe reconocer adecuadamente la autoría, no se permite el uso comercial del material y no se indican restricciones adicionales.

IES Antonio González González - Departamento de Tecnología (2013) "*Tema 3: Electricidad*" [en línea]

[Fecha de consulta: 30 de octubre de 2021]

<<https://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2013/06/electricidad-2eso.pdf>>

\* Abreviaturas usadas: ESO (Educación Secundaria Obligatoria)  
IES (Instituto de Educación Secundaria)

Además, indicar que las figuras que aparecen en esta unidad didáctica correspondientes a diagramas de circuitos eléctricos se han desarrollado íntegramente a través de la siguiente página web:

<https://www.circuit-diagram.org/editor/>

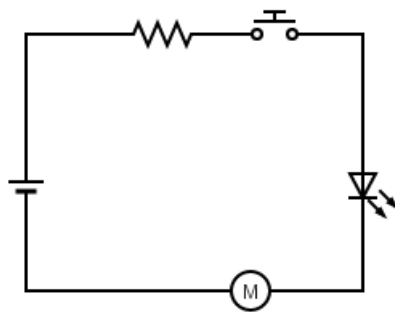


Figura 1. Circuito eléctrico, elaboración propia usando <https://www.circuit-diagram.org/editor/>.

- ¿Sabes si la imagen representa un circuito eléctrico? ¿Por qué?**
- ¿Reconoces algún elemento de los que aparecen?**
- ¿Sabrías incluir algún otro elemento en el circuito eléctrico anterior?**

# ÍNDICE

<u>1. Introducción</u> .....	1
<u>2. Electricidad y magnitudes eléctricas</u> .....	1
<u>2.1. Tensión eléctrica o voltaje</u> .....	2
<u>2.1.1. Corriente eléctrica</u> .....	3
<u>2.1.2. Tipos de corriente eléctrica</u> .....	3
<u>2.2. Intensidad</u> .....	3
<u>2.3. Resistencia</u> .....	4
<u>2.4. Medición de magnitudes eléctricas</u> .....	4
<u>2.4.1. Medida de la tensión eléctrica o voltaje</u> .....	5
<u>2.4.2. Medida de intensidad de corriente</u> .....	6
<u>2.4.3. Medida de resistencia</u> .....	6
<u>2.5. Efectos de la corriente eléctrica</u> .....	7
<u>2.6. Riesgos derivados del uso de la corriente eléctrica</u> .....	8
<u>3. Circuitos eléctricos</u> .....	9
<u>3.1. Componentes de un circuito eléctrico</u> .....	9
<u>3.1.1. Elementos generadores</u> .....	9
<u>3.1.2. Elementos conductores</u> .....	10
<u>3.1.3. Elementos receptores</u> .....	11
<u>3.1.4. Elementos de control o maniobra</u> .....	12
<u>3.1.5. Elementos de protección</u> .....	13
<u>3.2. Funcionamiento básico de un circuito</u> .....	14
<u>3.2.1. Sentido de la corriente eléctrica</u> .....	14
<u>3.2.2. Cortocircuito</u> .....	15
<u>3.3. Tipos de circuitos</u> .....	15
<u>3.3.1. Circuitos en serie</u> .....	15
<u>3.3.2. Circuitos en paralelo</u> .....	16
<u>3.3.3. Circuitos mixtos</u> .....	17
<u>4. Ley de Ohm</u> .....	18
<u>5. Ejercicios</u> .....	19
<u>6. Bibliografía</u> .....	23
<u>Anexo I – Ejercicios resueltos</u> .....	26
<u>Anexo II – Criterios de evaluación y calificación</u> .....	35
<u>Anexo III – Marcadores de realidad aumentada</u> .....	37
<u>Anexo IV – Flashcards con realidad aumentada</u> .....	40
<u>Anexo V – Encuesta de satisfacción</u> .....	49

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Circuito eléctrico .....	1
Figura 2. Experimento de Benjamin Franklin .....	1
Figura 3. Marcador electt[AR] para átomo .....	1
Figura 4. Repulsión y atracción de cargas eléctricas .....	2
Figura 5. Cable de cobre con aislante plástico .....	3
Figura 6. Marcador electt[AR] para pila .....	3
Figura 7. Marcador electt[AR] para polímetro con función de amperímetro (a) y de voltímetro (b) .....	5
Figura 8. Medida de tensión eléctrica o voltaje .....	5
Figura 9. Medida de intensidad de corriente .....	6
Figura 10. Medida de resistencia .....	7
Figura 11. Resistencia superior de un horno encendido .....	7
Figura 12. Led encendido .....	7
Figura 13. Electroimán casero .....	7
Figura 14. Interior de un motor eléctrico .....	8
Figura 15. Electrólisis del cloruro sódico (NaCl) .....	8
Figura 16. Ahorremos energía .....	9
Figura 17. Marcador electt[AR] para pila .....	10
Figura 18. Alternador en una central hidroeléctrica .....	10
Figura 19. Marcador electt[AR] para cables .....	10
Figura 20. Marcador electt[AR] para bombilla .....	11
Figura 21. Marcador electt[AR] para led .....	11
Figura 22. Marcadores electt[AR] para resistencia .....	11
Figura 23. Marcador electt[AR] para motor .....	12
Figura 24. Marcador electt[AR] para zumbador .....	12
Figura 25. Electroimán casero .....	12
Figura 26. Marcador electt[AR] para pulsador .....	13
Figura 27. Diagrama de conmutador .....	13
Figura 28. Marcador electt[AR] para interruptor .....	13
Figura 29. Marcador electt[AR] para fusible .....	13
Figura 30. Circuito abierto .....	14
Figura 31. Circuito cerrado .....	14
Figura 32. Sentido de la corriente eléctrica .....	15
Figura 33. Circuito eléctrico en funcionamiento normal (a) y en cortocircuito (b) .....	15
Figura 34. Circuito con resistencias en serie .....	15
Figura 35. Circuito con resistencias en serie y equivalente .....	16
Figura 36. Circuito con resistencias en paralelo .....	16
Figura 37. Circuito con resistencias en paralelo y equivalente .....	17
Figura 38. Circuito mixto .....	17
Figura 39. Triángulo de la Ley de Ohm .....	18



## ÍNDICE DE TABLAS

<a href="#">Tabla 1. Tensión eléctrica o voltaje</a> .....	2
<a href="#">Tabla 2. Intensidad de corriente</a> .....	4
<a href="#">Tabla 3. Resistencia</a> .....	4
<a href="#">Tabla 4. Resumen de magnitudes eléctricas</a> .....	4
<a href="#">Tabla 5. Riesgos derivados del uso de la corriente eléctrica</a> .....	8
<a href="#">Tabla 6. Resumen de magnitudes eléctricas</a> .....	10
<a href="#">Tabla 7. Elementos receptores en circuitos eléctricos</a> .....	12
<a href="#">Tabla 8. Elementos de control o maniobra en circuitos eléctricos</a> .....	13
<a href="#">Tabla 9. Triángulo de la Ley de Ohm</a> .....	19

## 1. INTRODUCCIÓN

[6] [18] Corría el año 1752 cuando Benjamín Franklin demostró que rayos y relámpagos son fenómenos eléctricos naturales, es decir, son una forma de electricidad.

Un día de tormenta salió a campo abierto con una cometa, construida con seda y con un armazón metálico, a la que ató una llave, con función receptora de un rayo. Al caer un rayo sobre la misma, demostró su teoría de que las nubes estaban cargadas de electricidad, así que los rayos eran, sin lugar a dudas, descargas eléctricas. De hecho, utilizó la propia llave para almacenar la electricidad en un envase de vidrio denominado botella de Leyden.

Por cierto, a este invento se le conoce como pararrayos.



Figura 2. Experimento de Benjamin Franklin. Extraída de [22].

La pregunta que os podéis hacer ahora es: ¿Cómo se producen esos fenómenos eléctricos?

## 2. ELECTRICIDAD Y MAGNITUDES ELÉCTRICAS

Para entender los fenómenos eléctricos hay que conocer los conceptos de materia y de carga eléctrica. Toda la **materia** está formada por partículas muy pequeñas llamadas **átomos**. A su vez, los átomos se componen por partículas más pequeñas (denominadas subatómicas) que, según la naturaleza de su carga, se clasifican en:

**Protones:** partículas con carga positiva que se encuentran en el núcleo del átomo. Se suelen representar con un signo +.

**Neutrones:** partículas sin carga que también se encuentran en el núcleo del átomo.

**Electrones:** partículas con carga negativa que están en movimiento en la corteza del átomo (alrededor del núcleo). Se suelen representar con un signo -.

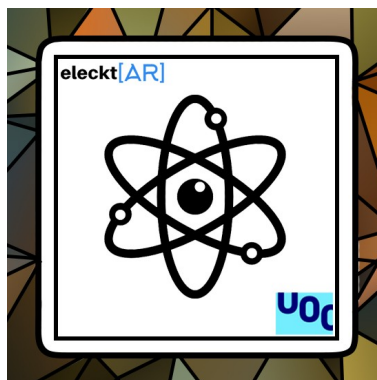


Figura 3. Marcador elect[AR] para átomo.

En general, la materia es neutra, es decir, tiene el mismo número de cargas positivas (protones) y negativas (electrones). En ocasiones, los electrones pueden moverse de un material a otro provocando que:

Un cuerpo quede cargado positivamente porque ha perdido electrones (**defecto de electrones**).

Un cuerpo quede cargado negativamente porque ha ganado electrones (**exceso de electrones**).

**Carga eléctrica (Q):** cantidad de electricidad que posee un cuerpo cargado por exceso o defecto de electrones, responsable de los fenómenos eléctricos.

Una característica interesante de las cargas es que las cargas del mismo signo se repelen y las de distinto signo se atraen.

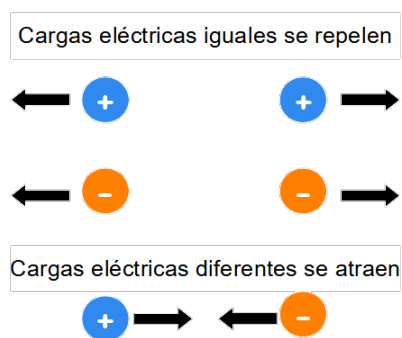


Figura 4. Repulsión y atracción de cargas eléctricas. Elaboración propia.

Los antiguos griegos descubrieron que al frotar ciertos materiales, como el ámbar, contra una tela podían atraer pequeñas partículas. Por ejemplo, si se frota un bolígrafo con una jersey de lana, el bolígrafo se electrifica y puede atraer pequeños trozos de papel.

### ¿Qué ha sucedido?

En el caso del bolígrafo, éste se ha electrificado de forma que se ha cargado negativamente al frotarlo. Al acercar el bolígrafo a los pequeños trozos de papel, éstos serán atraídos por el bolígrafo debido a su mayor cantidad de electrones.

## 2.1. TENSIÓN ELÉCTRICA o VOLTAJE.

Cuando un cuerpo está cargado positivamente y otro cuerpo negativamente, entre ellos existe una **diferencia de cargas o de potencial**, también llamada **tensión eléctrica** o **voltaje**.

Magnitud/Símbolo	Unidad/Símbolo (Sistema Internacional)	Definición
Voltaje (V)	Voltio (V)	Energía necesaria por unidad de carga eléctrica para hacer que ésta se desplace a través del circuito eléctrico; da idea de la fuerza con la que la corriente circula. El voltaje o diferencia de potencial lo produce el generador, por ejemplo, una pila.

Tabla 1. Tensión eléctrica o voltaje.

### 2.1.1. Corriente eléctrica.

En una pila se puede encontrar esa diferencia de cargas eléctricas ya que tiene un polo positivo y un polo negativo. Si se conecta un cable conductor entre los polos, se establece una corriente eléctrica. Al movimiento de electrones por un conductor hacia el elemento de menor tensión o potencial eléctrico se le denomina **corriente eléctrica**.

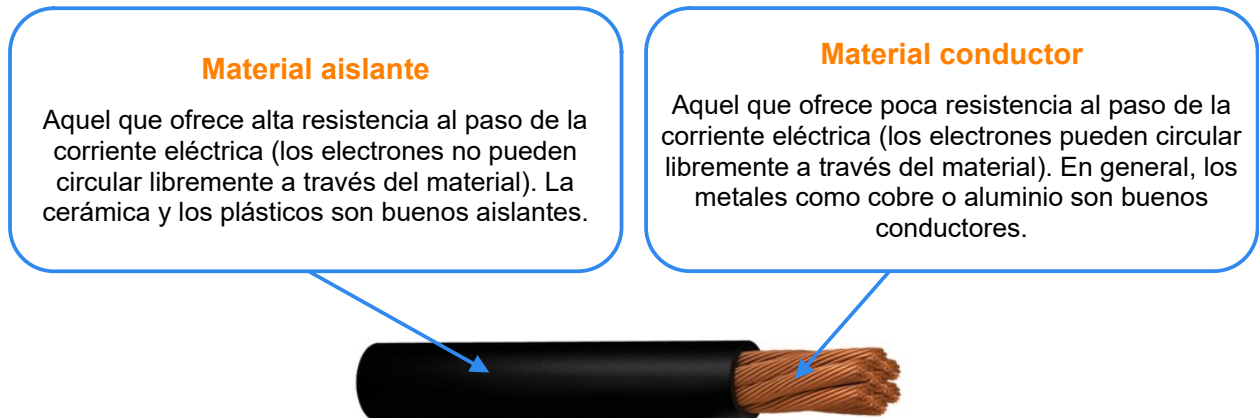


Figura 5. Cable de cobre con aislante plástico. Extraída de [3].

### 2.1.2. Tipos de corriente eléctrica.

La circulación de electrones no es espontánea, necesita un elemento que genere ese desplazamiento de electrones. De eso se encargan los denominados generadores como las pilas o las baterías.

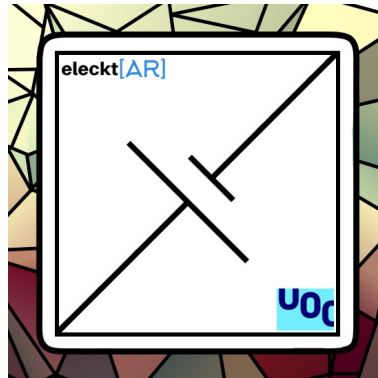


Figura 6. Marcador electt[AR] para pila.

Hay dos tipos de corriente eléctrica:

**Corriente continua (CC):** los electrones siempre fluyen en un solo sentido. Las pilas proporcionan este tipo de corriente.

**Corriente alterna (AC):** los electrones cambian de sentido varias veces por segundo. Los enchufes de nuestras casas son de este tipo.

## 2.2. INTENSIDAD DE CORRIENTE.

Un cable puede llevar más o menos corriente y eso se puede saber conociendo la **intensidad de la corriente eléctrica**.

Magnitud/Símbolo	Unidad/Símbolo (Sistema Internacional)	Definición
Intensidad de corriente (I)	Amperio (A)	Cantidad de carga eléctrica que pasa por un punto del circuito eléctrico en un segundo. El amperio es una unidad grande por eso se suele usar el miliAmperio (mA): 1 mA = 0,001 A.

Tabla 2. Intensidad de corriente.

### 2.3. RESISTENCIA.

Es la capacidad que tiene un material para permitir o no el paso de electrones. Cuanto más estrecho y más largo sea un cable, más les costará atravesarlo a los electrones.

Magnitud/Símbolo	Unidad/Símbolo (Sistema Internacional)	Definición
Resistencia (R)	Ohmio ( $\Omega$ )	Oposición que presentan los elementos del circuito al paso de la corriente eléctrica. Los materiales conductores tienen poca resistencia y los aislantes mucha.

Tabla 3. Resistencia.

## FUATE Y RECUERDA

Nombre	Símbolo	Unidad	Símbolo de la unidad
Tensión eléctrica o voltaje	V	Voltio	V
Intensidad de corriente	I	Amperio	A
Resistencia	R	Ohmio	$\Omega$

Tabla 4. Resumen de magnitudes eléctricas.

### 2.4. MEDICIÓN DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS. <sup>[1]</sup>

El **polímetro**, **multímetro** o **tester** es la misma herramienta. Es un pequeño aparato portátil eléctrico usado para medir diferentes magnitudes eléctricas (entre las que se encuentran las explicadas hasta el momento).

Aunque es un instrumento básico de uso común en electrónica y electricidad, es normal encontrar dudas sobre su uso o funcionamiento. A continuación, os daremos unas pequeñas indicaciones sobre el uso de un polímetro digital con las que podremos medir las magnitudes eléctricas requeridas en esta unidad didáctica: tensión eléctrica o voltaje, intensidad de corriente y resistencia.

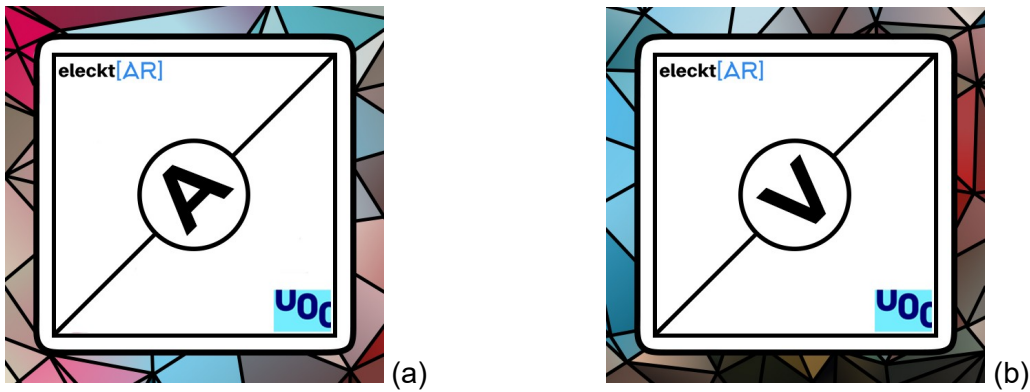


Figura 7. Marcador electt[AR] para polímetro con función de amperímetro (a) y de voltímetro (b).

### 2.4.1. Medida de la tensión eléctrica o voltaje. <sup>[11][24]</sup>

En primer lugar se coloca la rueda central de selección o perilla del polímetro en "V" de voltaje. En función de la marca y del modelo el voltaje vendrá como AC (corriente alterna, representada por una onda) o DC (corriente directa, representada por líneas punteadas sobre una línea directa).

El voltaje se mide en paralelo, para ello simplemente hay que colocar la punta positiva (roja) del polímetro con el punto positivo a medir y colocar la punta negativa (negra) con el punto negativo a medir.

No os preocupéis si hacéis la medición al revés (positivo con negativo y negativo con positivo), no hay peligro para la salud; sin embargo, el resultado de la medición será negativo y no positivo (por ejemplo, en lugar de medir +3,5V, se medirá -3,5V).

#### Consideraciones de seguridad previas a la medición:

Nunca exceder el valor de voltaje máximo (categorías de seguridad CAT) que indiquen los fabricantes para las puntas o el polímetro.

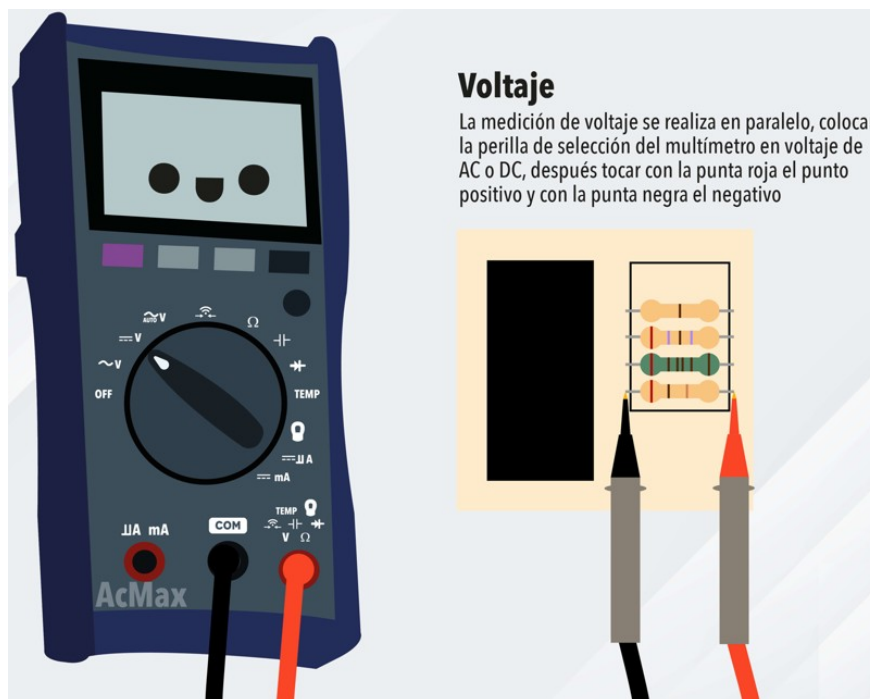


Figura 8. Medida de tensión eléctrica o voltaje. Modificada de [11].

### 2.4.2. Medida de intensidad de corriente.

A diferencia del voltaje que se mide en paralelo, la intensidad se mide en serie.

Aunque dependiendo del modelo de polímetro puede tener varias entradas para realizar esta medición; en general, la punta negra irá en el común "COM" y la roja en los conectores de corriente (usualmente situados en el lado izquierdo).

Para medir en serie, se tiene que abrir el circuito y conectar el multímetro como si fuera un resistor (el polímetro tiene una resistencia muy pequeña que no debería alterar la precisión de la medida). A continuación, la punta roja se coloca del lado positivo del punto donde se quiera medir y la roja en los conectores de corriente (usualmente situados en el lado izquierdo); es decir, la punta roja va "donde entra la corriente" y la negra "donde sale la corriente". Por último, la punta negra se conecta de nuevo al circuito, cerrándolo para que haya flujo de corriente.

Como antes, si se hace la medición al revés, se obtendrá un valor negativo de corriente.

#### Consideraciones de seguridad previas a la medición:

:

Nunca exceder los valores máximos de corriente que marque el fabricante ya que se puede quemar el fusible del polímetro.

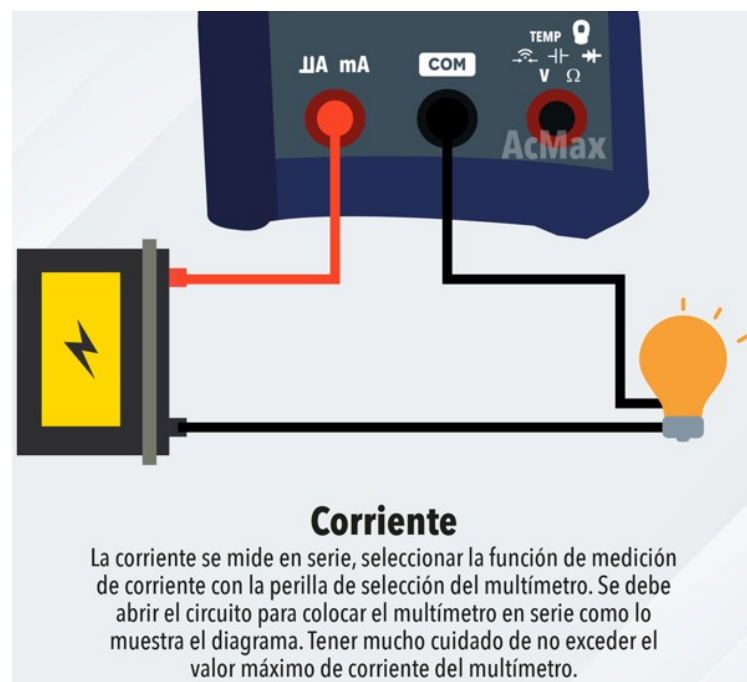


Figura 9. Medida de intensidad de corriente. Modificada de [11].

### 2.4.3. Medida de resistencia.

Sólo se deben colocar las puntas en cada terminal de la resistencia a medir y en el polímetro, las puntas, se colocan en el mismo lugar que para medir voltaje seleccionando la función marcada con la letra griega  $\Omega$  (omega).

#### Consideraciones de seguridad previas a la medición

Comprobar que el elemento a medir no tenga voltaje y que los capacitores del circuito estén descargados, ya que si se mide resistencia en algún punto con voltaje, podemos quemar el fusible y, a lo mejor, el polímetro.



Figura 10. Medida de resistencia. Modificada de [11].

## 2.5. EFECTOS DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA. [7] [26]

La energía eléctrica es la forma de energía más usada actualmente debido a su facilidad para ser generada y transportada. La corriente eléctrica causa efectos diversos en los elementos que atraviesa, transformándose en otros tipos de energía como luz, calor, movimiento...

### Energía eléctrica a energía calorífica (calor)

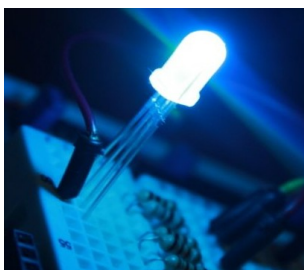


Al moverse, los electrones chocan con las partículas (núcleos y electrones) del material conductor o de la resistencia eléctrica por la que circulan y transfieren calor (fenómeno conocido como **efecto Joule**).

En los conductores este efecto térmico es negativo al perderse energía eléctrica y en las resistencias es positivo ya que se aprovecha la energía calorífica que producen, por ejemplo en estufas, hornos, secadores, vitrocerámicas...

Figura 11. Resistencia superior de un horno encendido. Extraída de [4].

### Energía eléctrica a energía lumínica (luz)



Al pasar la corriente eléctrica por un cuerpo, su temperatura aumenta. Si el aumento es elevado, se produce emisión de luz (incandescencia).

Imaginemos que pasa corriente eléctrica por un cable muy delgado (como el filamento de una bombilla), la temperatura del mismo alcanza unos 2.000°C y emite luz (aunque el 70% de la energía se transforma en calorífica no lumínica). Los diodos LED, mucho más eficientes, transforman en luz el 95% de la energía y pierden un 5% en forma de calor.

Figura 12. Led encendido. Extraída de [10].

### Energía eléctrica a energía magnética



Se puede crear un campo magnético enrollando alrededor de un clavo un cable metálico y haciendo pasar por él una corriente eléctrica (hemos construido un electroimán).

Este fenómeno ocurre en timbres, altavoces...

Figura 13. Electroimán casero. Extraída de [17].



## Energía eléctrica a energía mecánica (movimiento)

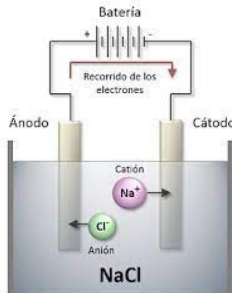


Esta conversión de energía se realiza a través de motores. Un motor eléctrico funciona al interactuar el campo magnético producido por el imán situado en el estator (parte no móvil) y la corriente eléctrica que recorre el hilo de cobre esmaltado situado en el rotor (parte móvil). La interacción provoca el giro de la bobina y, con ello, el giro del motor.

Este fenómeno ocurre en lavadoras, aspiradoras, ventiladores...

Figura 14. Interior de un motor eléctrico. Extraída de [16].

## Energía eléctrica a energía química



La electrólisis o ruptura mediante electricidad, es un tipo de reacción de reducción-oxidación (redox) que permite separar un compuesto químico en disolución al paso de una corriente eléctrica.

Este fenómeno se aplica a nivel industrial para realizar recubrimientos metálicos, como el cromado.

Figura 15. Electrólisis del cloruro sódico (NaCl). Extraída de [20].

## 2.6. RIESGOS DERIVADOS DEL USO DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA. [28]

La producción y uso posterior de la energía eléctrica conlleva una serie de daños medioambientales y la posibilidad de que sucedan accidentes a nivel personal.

Daños medioambientales	Daños a nivel personal
<p>Lamentablemente, la generación de energía eléctrica depende en gran medida de fuentes primarias como combustibles fósiles (en especial petróleo y carbón). Esto contribuye a:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aumentar las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y otros gases de efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global.</li> <li>2. Las centrales hidroeléctricas, a priori menos contaminantes ya que usan el movimiento del agua para generar energía eléctrica, causan impactos paisajísticos, alteran o destruyen los ecosistemas donde se construyen presas, anegan valles...</li> </ol>	<p>Al tocar los bornes de una pila como la que usamos en el mando a distancia de la televisión (de 1,5 V), no sucede nada ya que la corriente que circula es muy pequeña. En cambio, si hay un riesgo a nivel personal si la descarga eléctrica producida es por una tensión de 230V, la usada en nuestras casas.</p> <p>La gravedad de una descarga dependerá de la intensidad, del tiempo de exposición y de la zona del cuerpo por donde pase la corriente. Desde la simple percepción de un calambrazo hasta la asfixia o, incluso, la fibrilación ventricular.</p> <p>Por último, no podemos olvidar los riesgos derivados por el calentamiento excesivo de elementos conductores que pueden derivar en incendios o incluso explosiones.</p>

Tabla 5. Riesgos derivados del uso de la corriente eléctrica.

## Uso responsable de la energía eléctrica

¿Revisamos lo que haces en casa?

- ¿Desenchufas los electrodomésticos portátiles después de usarlos?
- ¿Tiras del cable para desenchufar un aparato eléctrico?
- ¿Apagas las luces al salir de una habitación?

- d. ¿Tienes enchufes cerca de grifos o desagües?
- e. ¿Tienes las regletas completas al conectar varios dispositivos?
- f. ¿Desconectas los aparatos eléctricos antes de limpiarlos?
- g. ¿Manipulas aparatos eléctricos con las manos mojadas?

El ahorro de energía conlleva un ahorro de recursos naturales y un ahorro de dinero. Esto implica que todas y todos debemos hacer un uso responsable, racional y moderado de la energía eléctrica. Aquí os dejamos unos cuantos consejos prácticos: <sup>[21]</sup>

1. Aprovecha siempre al máximo la luz natural, es gratis.
2. Apaga las luces aunque solo te vayas un minuto (no es verdad que apagar y encender gaste más).
3. Desenchufa aparatos que no uses en ese momento (ordenador, cargador del móvil...) y no los dejes en modo stand by, continúa consumiendo energía (consumo fantasma).
4. Usa lavadora, secadora, lavavajillas... solo cuando estén llenos.
5. Usa eficientemente el aire acondicionado tanto en verano como en invierno.
6. Apuesta por la tecnología led, el consumo puede disminuir hasta un 90%. Además, se disminuye la emisión de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).
7. Compra electrodomésticos energéticamente eficientes y de menor consumo, clase A o superior según su etiqueta energética.
8. Apuesta por energías renovables: calienta tu hogar usando biomasa o energía solar.
9. Medidas como instalar doble acristalamiento, aislar adecuadamente paredes, ventanas con cierre hermético... permiten reducir hasta un 60% el consumo de energía.



Figura 16. Ahorremos energía. Extraída de [12].

## 3. CIRCUITOS ELÉCTRICOS

### 3.1. COMPONENTES DE UN CIRCUITO ELÉCTRICO. <sup>[25]</sup>

Un **circuito eléctrico** es un conjunto de elementos conectados entre sí, por los que circula corriente eléctrica y que produce algún efecto (como luz, movimiento, sonido...).

A continuación, se indican los **componentes o elementos fundamentales** de los circuitos eléctricos:

#### 3.1.1. Elementos generadores.

Elementos que transforman cualquier forma de energía en energía eléctrica, es decir, proporcionan la diferencia de cargas o tensión y la mantienen el tiempo necesario permitiendo el flujo de electrones.

Un generador consta de dos polos: positivo (cátodo, +) y negativo (ánodo, -).

Una pila o una batería son ejemplos de generadores de corriente continua. Un alternador es un ejemplo de generador de corriente alterna.

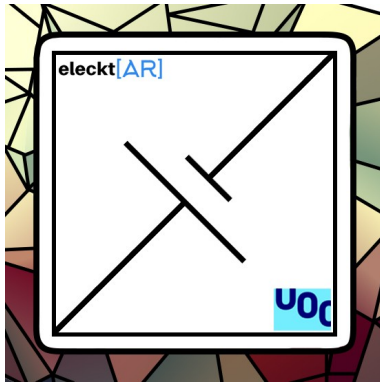


Figura 17. Marcador electk[AR] para pila.



Figura 18. Alternador en una central hidroeléctrica. Extraída de [8].

### 3.1.2. Elementos conductores.

Elementos que transportan la energía eléctrica desde el generador hasta los receptores, o dicho de otra forma, son los elementos que conectan los diferentes elementos del circuito permitiendo el flujo de electrones.

Generalmente son cables. Se usan cables de metal, normalmente cobre (conductor), recubiertos de plástico (aislante) para que los electrones no se escapen del cable.

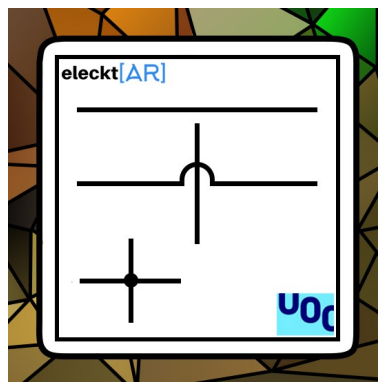


Figura 19. Marcador electk[AR] para cables.

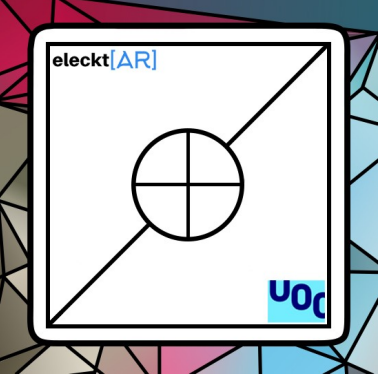
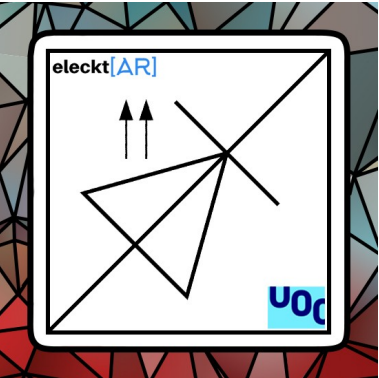
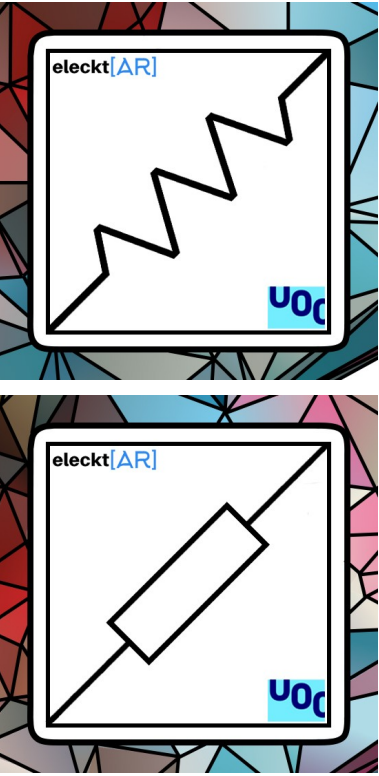
## FÚATE Y RECUERDA

Símbolo	Representación de ...
	Un cable.
	Cables que se cruzan.
	Cables unidos.

Tabla 6. Resumen de magnitudes eléctricas.

### 3.1.3. Elementos receptores.

Elementos encargados de convertir la energía eléctrica procedente del generador en otro tipo de energía útil como energía lumínica, mecánica... Se pueden diferenciar los siguientes:

Receptor	Transforma la energía eléctrica en energía ...	Imagen
Bombilla	Luminosa	 <p data-bbox="922 797 1362 824">Figura 20. Marcador elect[AR] para bombilla.</p>
Led	Luminosa	 <p data-bbox="948 1227 1337 1256">Figura 21. Marcador elect[AR] para led.</p>
Resistencia	Calorífica	 <p data-bbox="900 2051 1385 2078">Figura 22. Marcadores elect[AR] para resistencia.</p>

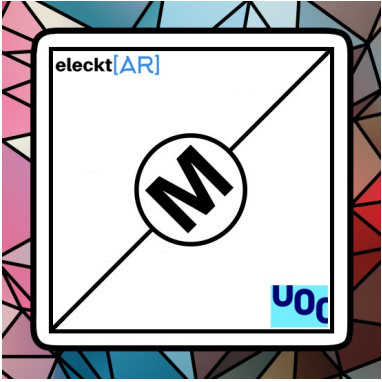

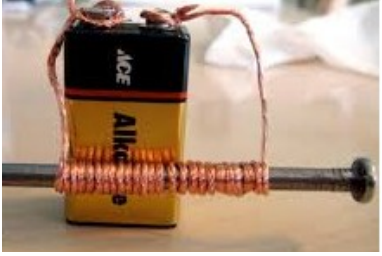
Motor	Mecánica	
Zumbador (timbre)	Sonora	
Electroimán	Magnética	

Figura 23. Marcador electt[AR] para motor.

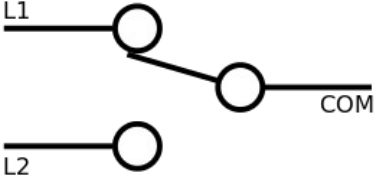
Figura 24. Marcador electt[AR] para zumbador.

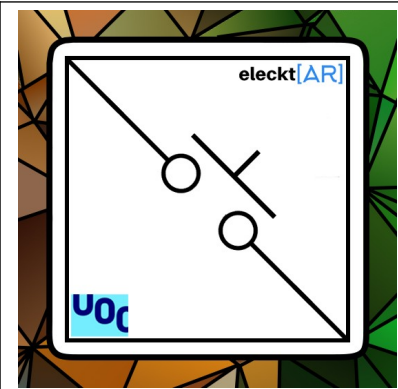
Figura 25. Electroimán casero. Extraída de [17].

Tabla 7. Elementos receptores en circuitos eléctricos.

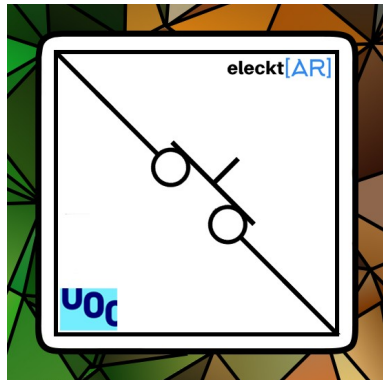
### 3.1.4. Elementos de control o maniobra.

Dispositivos usados en los circuitos eléctricos para dirigir o interrumpir el paso la corriente eléctrica que circula por ellos.

Pulsadores	Conmutadores	Interruptores
<p>Mientras se presionan, permiten o impiden el paso de la corriente eléctrica.</p> <p>Aplicaciones: timbres, teclados de ordenador, ciertos mandos a distancia...</p>	<p>Permiten dirigir la corriente eléctrica hacia diferentes zonas del circuito.</p> <p>En el siguiente diagrama, el terminal común (COM) puede cambiar entre el terminal L1 y el terminal L2.</p> 	<p>Al presionarlos, permiten o impiden el paso de la corriente eléctrica.</p> <p>Aplicaciones: lámparas, mando a distancia para el televisor...</p>



(a)

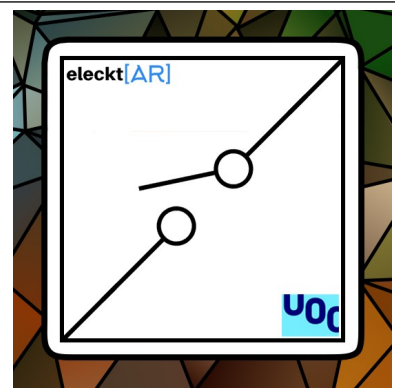


(b)

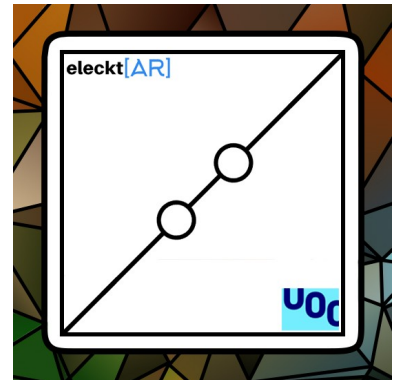
Figura 26. Marcador electt[AR] para pulsador (abierto (a) y cerrado (b)).

Figura 27. Diagrama de conmutador. Extraída de [9].

Aplicaciones: alumbrado en viviendas...



(a)



(b)

Figura 28. Marcador electt[AR] para interruptor (abierto (a) y cerrado (b)).

Tabla 8. Elementos de control o maniobra en circuitos eléctricos.

### 3.1.5. Elementos de protección.

Elementos encargados de proteger al resto de los elementos del circuito de corrientes elevadas o fugas. Los más importantes son los fusibles, interruptores diferenciales e interruptores magnetotérmicos.

En esta unidad didáctica únicamente se estudiarán los fusibles. Un fusible está compuesto de un hilo de cobre calibrado (con una sección concreta) por el que sólo pasa cierta cantidad de corriente. Si la corriente es mayor a la determinada, el hilo de cobre se rompe y, en consecuencia, el circuito se abre y se impide el paso de corriente.

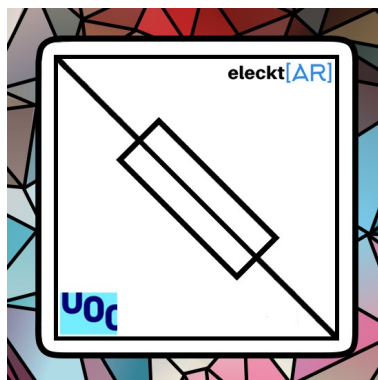


Figura 29. Marcador electt[AR] para fusible.

## 3.2. FUNCIONAMIENTO BÁSICO DE UN CIRCUITO.

Los elementos de control (pulsador, interruptor...) controlan el circuito ya que abren o cierran a voluntad el paso de la corriente eléctrica que circula por ellos.

Un circuito está abierto cuando la energía del generador no llega a los receptores (se suelta un cable, se funde un fusible, hay un interruptor abierto...) y, por tanto, no hay circulación de corriente eléctrica.

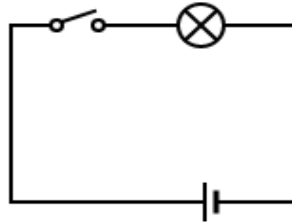


Figura 30. Circuito abierto, elaboración propia usando <https://www.circuit-diagram.org/editor/>.

Un circuito está cerrado cuando la energía del generador llega a los receptores y, por tanto, hay circulación de corriente eléctrica.

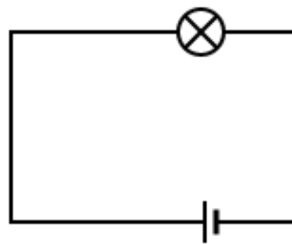


Figura 31. Circuito cerrado, elaboración propia usando <https://www.circuit-diagram.org/editor/>.

### 3.2.1. Sentido de la corriente eléctrica.

Hace un par de siglos, quienes trataban de averiguar los secretos de la electricidad consideraron que los electrones (cargas negativas) viajaban del polo positivo al negativo. ¡Hoy se sabe que es al revés! Los electrones siempre viajan del polo negativo (donde hay exceso de electrones) al positivo (donde hay carencia de electrones).

Por tanto, es importante que conozcas los dos sentidos de la corriente eléctrica:

- En el sentido convencional, los electrones en la corriente eléctrica, viajan del polo positivo al negativo
- En el sentido real, los electrones en la corriente eléctrica, viajan del polo negativo al positivo.

Resulta interesante y curioso saber que lo anterior no es importante para los propósitos de esta parte de la asignatura siempre y cuando no mezclemos ambos sentidos en un mismo circuito. Atención, que no sea importante para los propósitos de esta parte de la asignatura no implica que no sea importante conocerlo y saberlo (podría ser pregunta de examen).

Os dejo una figura que os ayudará a recordarlo:



Figura 32. Sentido de la corriente eléctrica. Modificado de [23].

### 3.2.2. Cortocircuito.

Se produce un cortocircuito en un circuito eléctrico cuando la corriente eléctrica se transporta por los cables sin que pase por ningún receptor, ocurre cuando se unen los dos polos de la fuente de alimentación o de la pila. En este caso la corriente eléctrica recorre una distancia más corta que el cableado del propio circuito.

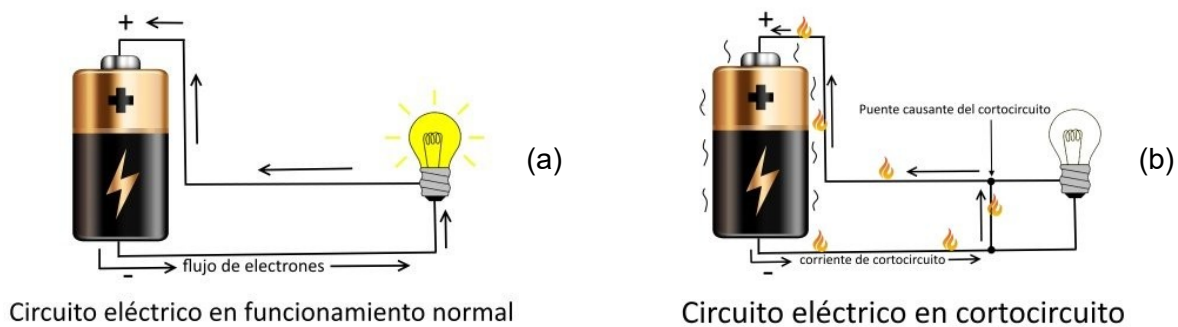


Figura 33. Circuito eléctrico en funcionamiento normal (a) y en cortocircuito (b). Extraída de [13].

## 3.3. TIPOS DE CIRCUITOS.

Cuando un circuito consta de varios elementos, ¿cómo se deben conectar?

Hay varias formas de hacerlo y es necesario conocerlas.

### 3.3.1. Circuitos en serie.

Si los elementos/receptores se conectan uno a continuación del otro, en cadena, se dice que están conectados en serie.

Veamos un ejemplo de este tipo de conexión:

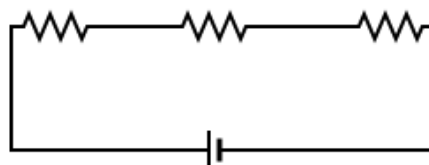


Figura 34. Circuito con resistencias en serie, elaboración propia usando <https://www.circuit-diagram.org/editor/>.

En este tipo de circuitos:

1. Por todos los receptores circula misma intensidad.
2. Si falla uno de los receptores y deja de funcionar o está mal conectado, el resto tampoco funcionarán ya que se abre el circuito.



## FUATE Y RECUERDA

<sup>[2]</sup> **Resistencia equivalente:** valor de una resistencia que puede reemplazar varias resistencias conectadas, ya sea en serie o paralelo, sin modificar la intensidad de la corriente eléctrica ni las tensiones.

## CÁLCULO DE RESISTENCIA EQUIVALENTE EN ELEMENTOS EN SERIE

Un circuito con dos o más resistencias en serie es equivalente a otro con una sola resistencia cuyo valor es la suma de todas las resistencias en serie y que se llamará resistencia equivalente o total.

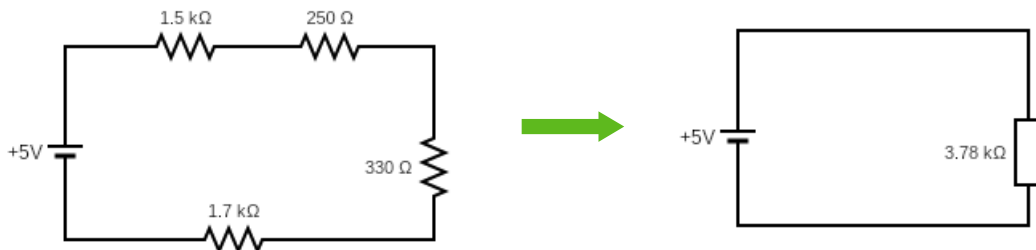


Figura 35. Circuito con resistencias en serie y equivalente, elaboración propia usando <https://www.circuit-diagram.org/editor/>.

En primer lugar se pasa el valor de todas las resistencias a  $\Omega$  ( $1,5 \text{ k}\Omega = 1500 \Omega$  y  $1,7 \text{ k}\Omega = 1700 \Omega$ ). A continuación, se suman el valor de todas las resistencias para obtener la equivalente:  $1500+250+330+1700 = 3780 \Omega = 3,78 \text{ k}\Omega$ .

### 3.3.2. Circuitos en paralelo.

Otra forma de conectar los elementos del circuito es de forma que todos estén directamente conectados a los bornes de la pila, se dice que están conectados en paralelo. Es decir, un terminal al polo positivo y el otro al polo negativo de la pila.

Veamos un ejemplo de este tipo de conexión:

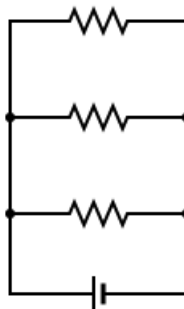


Figura 36. Circuito con resistencias en paralelo, elaboración propia usando <https://www.circuit-diagram.org/editor/>.

En este tipo de circuitos:

1. La intensidad no circula por igual en todos los receptores.
2. Si falla uno de los receptores y deja de funcionar, el resto pueden funcionar porque la corriente puede llegar por otro camino.
3. Circulará más corriente por el camino que oponga menos resistencia.

## CÁLCULO DE RESISTENCIA EQUIVALENTE EN ELEMENTOS EN PARALELO

Un circuito con dos o más resistencias en paralelo, calcular la resistencia equivalente es algo más complicado en serie. Tranquil@, tan solo hay que aplicar una sencilla fórmula.

$$\text{Resistencia equivalente} = \frac{1}{\frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R3} + \dots}$$

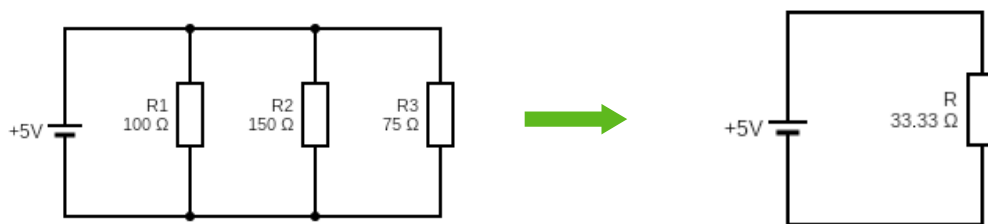


Figura 37. Circuito con resistencias en paralelo y equivalente, elaboración propia usando <https://www.circuit-diagram.org/editor/>.

Como el valor de todas las resistencias ya se encuentra en Ω, se aplica directamente la fórmula anterior:

$$\text{Resistencia equivalente} = \frac{1}{\frac{1}{100} + \frac{1}{150} + \frac{1}{75}} = \frac{1}{\frac{3}{300} + \frac{2}{300} + \frac{4}{300}} = \frac{1}{\frac{9}{300}} = \frac{300}{9} = 33,33 \Omega$$

### 3.3.3. Circuitos mixtos.

En este caso, hay elementos conectados en serie y elementos conectados en paralelo.

Veamos un ejemplo de este tipo de conexión:

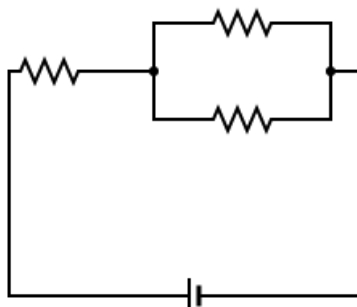


Figura 38. Circuito mixto, elaboración propia usando <https://www.circuit-diagram.org/editor/>.

## CÁLCULO DE RESISTENCIA EQUIVALENTE EN ELEMENTOS MIXTOS

En primera lugar, se tienen que agrupar los elementos en paralelo y calcular su resistencia equivalente hasta que al final solo tengamos en el circuito resistencias en serie.

A continuación, se agrupan las resistencias en serie para calcular la equivalente y obtener así la resistencia equivalente o total del circuito.

### 4. LEY DE OHM

Al inicio de tema se han explicado las tres magnitudes eléctricas básicas:

1. **Tensión eléctrica o voltaje**: da idea de la fuerza con la que la corriente eléctrica circula por el circuito. Se mide en voltios (V).
2. **Intensidad de corriente**: cantidad de carga eléctrica que pasa por un punto del circuito eléctrico en un segundo. Se mide en amperios (A).
3. **Resistencia**: oposición que presentan los elementos del circuito al paso de la corriente eléctrica. Se mide en ohmios ( $\Omega$ ).

Existe una ley que establece la relación entre las magnitudes eléctricas, la **Ley de Ohm**:

$$I = \frac{V}{R} \quad R = \frac{V}{I} \quad V = I \cdot R$$

De esa relación se deduce que, si se aumenta el voltaje en un circuito eléctrico, aumenta en la misma proporción el valor de la intensidad que lo recorre.

### ¡¡UN TRUCO!!

Usando el **triángulo de la Ley de Ohm** es muy sencillo recordar las ecuaciones anteriores.

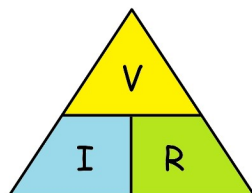


Figura 39. Triángulo de la Ley de Ohm, elaboración propia.

Tapando con el dedo la magnitud a conocer, se obtiene rápidamente la ecuación a aplicar:

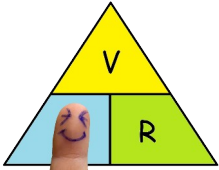
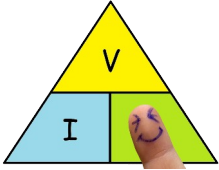
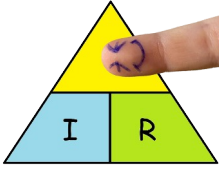
Triángulo de la Ley de Ohm	Ecuación para determinar la...
	Intensidad $I = \frac{V}{R}$
	Resistencia $R = \frac{V}{I}$
	Tensión eléctrica o voltaje $V = I \cdot R$

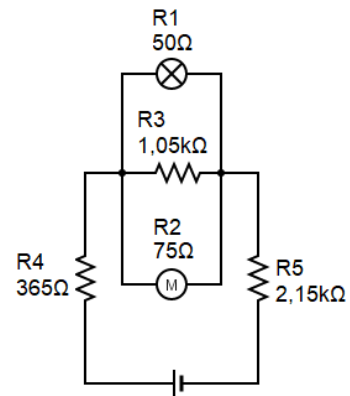
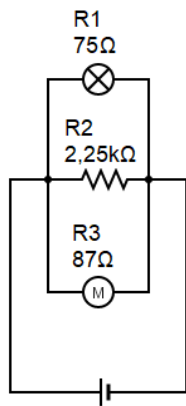
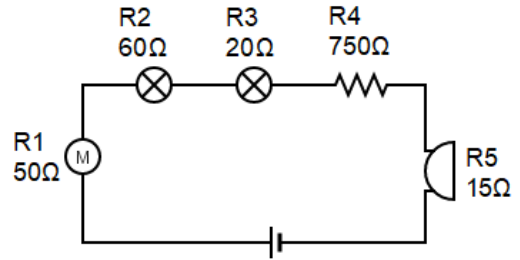
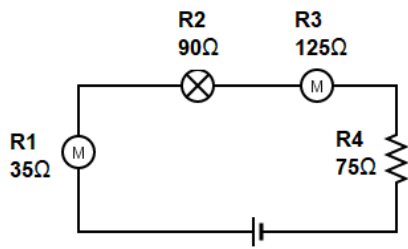
Tabla 9. Triángulo de la Ley de Ohm.

## 5. EJERCICIOS

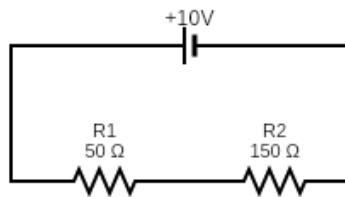
[4] [27]

- ¿Qué es un átomo? ¿Sabrías dibujar sus partes?
- Nombra las partículas que forman el átomo e indica la carga de cada una de ellas.
- ¿Qué partículas del átomo son las responsable de los fenómenos eléctricos? ¿Sabrías explicar el motivo?
- Completa la siguiente frase:  
 Si dos cuerpos tienen el mismo tipo de carga se \_\_\_\_\_ y si tienen diferente tipo de carga se \_\_\_\_\_.
- Pon un par de ejemplos de material aislante y de material conductor. Explica las diferencias entre ambos tipos de materiales.
- ¿Qué es la corriente eléctrica?
- ¿Qué es la tensión eléctrica o voltaje? ¿En qué unidades se mide?
- ¿Qué es la intensidad de corriente? ¿En qué unidades se mide?
- ¿Qué es la resistencia? ¿En qué unidades se mide?

12. Practica el cálculo de resistencia equivalente con los siguientes circuitos:

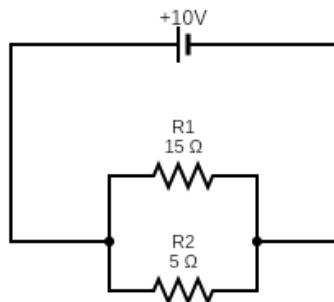


13. Si tenemos el siguiente circuito, calcula:



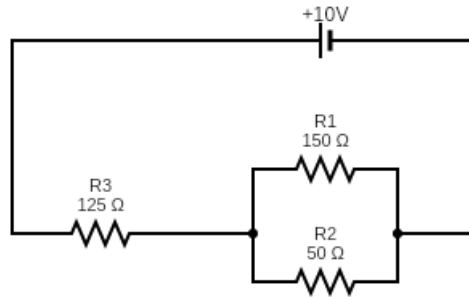
- La resistencia equivalente del circuito.
- Calcula la intensidad de la corriente que atraviesa el circuito.
- Calcula la diferencia de potencial en los extremos de cada una de las resistencias y el valor de la intensidad que las atraviesa.

14. Usando el siguiente circuito, calcula:



- La resistencia equivalente del circuito.
- Calcula la intensidad de la corriente que atraviesa el circuito.
- Calcula la diferencia de potencial en los extremos de cada una de las resistencias y el valor de la intensidad que las atraviesa.

15. Si tenemos el siguiente circuito, calcula:

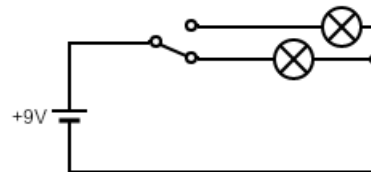
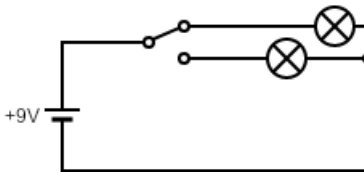


- La resistencia equivalente del circuito.
- Calcula la intensidad de la corriente que atraviesa el circuito.
- Calcula la diferencia de potencial en los extremos de cada una de las resistencias y el valor de la intensidad que las atraviesa.

16. Determina la resistencia de un circuito eléctrico, sabiendo que está sometido a una tensión de 20 V y que la corriente que circula es de 15 mA.

17. La piel húmeda hace que la resistencia del cuerpo humano sea de 2,5 kΩ. ¿Qué tensión será necesaria para provocar el paso, por el cuerpo humano, de una corriente peligrosa de 30 mA?

18. Explica en función de la posición del interruptor que bombilla estará encendida:



19. ¿Qué tipo de transformación eléctrica se produce en un altavoz?

20. Nombra 3 aparatos eléctricos diferentes e identifica el tipo de transformación eléctrica que se produce en cada uno de ellos.


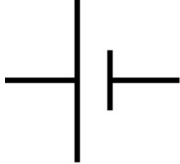
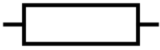
21. ¿Qué precauciones debemos tomar para evitar accidentes con la electricidad y el agua?

22. ¿Puedes indicar cinco maneras que ayuden a ahorrar energía en casa o en el centro educativo?

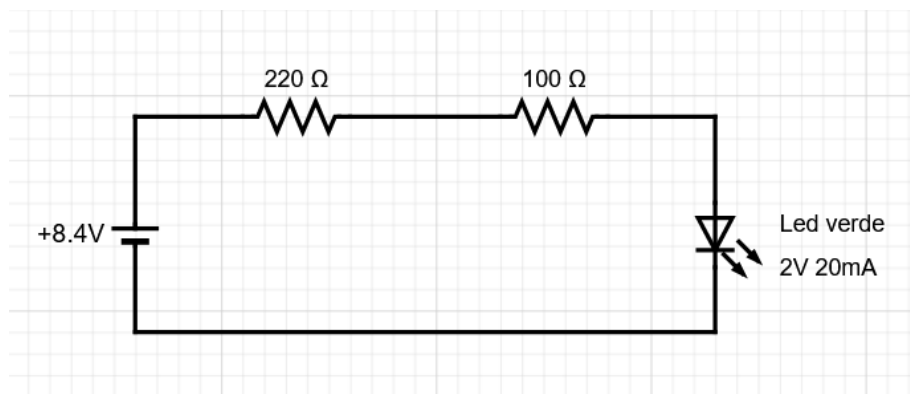
23. ¿Crees que pilas y baterías se deben reciclar y recoger en contenedores específicos? ¿Por qué? ¿Qué problemas pueden aparecer si se desechan en la basura?

24. Copia la tabla en tu cuaderno y complétala.

Elemento o componente	Símbolo
Led	

Fusible	
Zumbador	
Motor	

25. Monta el siguiente circuito en tu *protoboard*.



## 6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] aprendeelectricidad.com (2020) “¿Qué es un polímetro, multímetro o tester?” [en línea]  
[Fecha de consulta: 8 de noviembre de 2021]  
<<https://www.aprendeelectricidad.com/polimetro-multimetro-tester/>>
- [2] areatecnologia.com (2016) “Resistencia equivalente” [en línea]  
[Fecha de consulta: 14 de noviembre de 2021]  
<<https://www.areatecnologia.com/electricidad/resistencia-equivalente.html>>
- [3] Argos (2021) “Cable portaelectrodo” [en línea]  
[Fecha de consulta: 6 de noviembre de 2021]  
<<https://argoselectrica.com/product/cable-portaelectrodo/>>
- [4] Arus Electrical (2021) “Resistencia Superior Horno FDV Elegance III” [en línea]  
[Fecha de consulta: 7 de noviembre de 2021]  
<<https://aruselectrical.cl/producto/resistencia-superior-horno-fdv-elegance-iii/>>
- [5] Colegio Escolapios Loyola - Departamento de Ciencias (2019) “Programación de Tecnología 3º E.S.O” [en línea]  
[Fecha de consulta: 10 de noviembre de 2021]  
<<https://www.escolapiosoviedo.org/programaciones/20192020/ESO/3ESO/P19203ESOTECNOLOGIA.pdf>>
- [6] Consejo Superior de Investigaciones Científicas (2021) “Grandes científicos: Benjamin Franklin” [en línea]  
[Fecha de consulta: 3 de noviembre de 2021]  
<<https://www.kids.csic.es/cientificos/franklin.html>>
- [7] ecured.cu (2016) “Efectos de la corriente eléctrica” [en línea]  
[Fecha de consulta: 11 de noviembre de 2021]  
<[https://www.ecured.cu/Anexo:Efectos\\_de\\_la\\_corriente\\_el%C3%A9ctrica](https://www.ecured.cu/Anexo:Efectos_de_la_corriente_el%C3%A9ctrica)>
- [8] es.wikipedia.org (2021) “Alternador” [en línea]  
[Fecha de consulta: 8 de noviembre de 2021]  
<<https://es.wikipedia.org/wiki/Alternador>>
- [9] es.wikipedia.org (2021) “Conmutador (dispositivo)” [en línea]  
[Fecha de consulta: 9 de noviembre de 2021]  
<[https://es.wikipedia.org/wiki/Conmutador\\_\(dispositivo\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Conmutador_(dispositivo))>
- [10] García, Antony (2015) “5 pasos a seguir para encender un LED en Arduino desde Java” [en línea]  
[Fecha de consulta: 7 de noviembre de 2021]  
<<http://panamahitek.com/5-pasos-seguir-para-encender-un-led-en-arduino-desde-java/>>
- [11] Gastellou, Edgar (2020) “¿Qué es y cómo funciona un multímetro?” [en línea]  
[Fecha de consulta: 7 de noviembre de 2021]  
<<https://acmax.mx/como-usar-un-multimetro>>
- [12] greencorporatenergy.com (2021) “¿Conoces la importancia del ahorro de la energía eléctrica?” [en línea]  
[Fecha de consulta: 7 de noviembre de 2021]  
<<https://greencorporatenergy.com/es/conoces-la-importancia-del-ahorro-de-la-energia-electrica/>>



- [13] gruponavarro.pe (2018) “*Cortocircuito Eléctrico, el culpable de la mayoría de incendios*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 8 de noviembre de 2021]  
<<https://gruponavarro.pe/electricidad-domiciliaria/cortocircuito-electrico/>>
- [14] IES Antonio Glez Glez – Departamento de Tecnología (2013) “*Tema 3: Electricidad*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 30 de octubre de 2021]  
<<https://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2013/06/electricidad-2eso.pdf>>
- [15] IES Torreón de Alcazar – Departamento de Tecnología (2016) “*Criterios de calificación y evaluación (Tecnología)*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 10 de noviembre de 2021]  
<<https://iesjuanrubioortiz.es/wp-content/uploads/2018/11/Tecnolog%C3%ADa-CRITERIOS-DE-EVAL-Y-CALIFICACI%C3%93N.pdf>>
- [16] Ingeniería Mecafenix (2021) “*Motor de corriente continua (CD)*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 7 de noviembre de 2021]  
<<https://discount.clearanceonline2021.ru/content?c=colector%20motor%20el%C3%A9ctrico&id=8>>
- [17] Movil Beta (2016) “*Como hacer un Electroiman Física casero*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 7 de noviembre de 2021]  
<<https://www.youtube.com/watch?v=jYBWGLhHDEI>>
- [18] Naturgy Energy Group, S. A. (2020) “*El pararrayos de Benjamin Franklin: un descubrimiento casual*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 3 de noviembre de 2021]  
<[https://www.naturgy.com/el\\_pararrayos\\_de\\_benjamin\\_franklin\\_un\\_descubrimiento\\_casual](https://www.naturgy.com/el_pararrayos_de_benjamin_franklin_un_descubrimiento_casual)>
- [19] portaleducativo.net (2021) “*Estabilidad del núcleo atómico*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 16 de noviembre de 2021]  
<<https://www.portaleducativo.net/cuarto-medio/15/estabilidad-del-nucleo-atomico>>
- [20] quimicas.net (2015) “*La Electrólisis*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 7 de noviembre de 2021]  
<<https://www.quimicas.net/2015/08/la-electrolisis.html>>
- [21] Rodríguez, Araceli (2017) “*17 consejos para ahorrar energía en tu vida diaria*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 7 de noviembre de 2021]  
<<https://www.barriolapinada.es/17-consejos-para-ahorrar-energia/>>
- [22] Rodríguez, Eva María (sin fecha) “*La cometa de Franklin*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 6 de noviembre de 2021]  
<<http://www.cuentoscortos.com/cuentos-originales/la-cometa-de-franklin>>
- [23] subpng.com (2021) “*Battery Cartoon*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 8 de noviembre de 2021]  
<<https://www.subpng.com/png-irp4rb/download.html>>
- [24] tecnitool.es (2021) “*EF VII: Medir la corriente. El amperio, unidad de intensidad eléctrica*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 8 de noviembre de 2021]  
<<https://www.tecnitool.es/electricidad-facil-vii/#el-multimetro-o-polimetro>>

- [25] tecnojulio.com (2017) “*Elementos de un circuito eléctrico*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 5 de noviembre de 2021]  
<<https://www.tecnojulio.com/1eso/2012/07/25/elementos-de-un-circuito-electrico/>>
- [26] Torres, Manuel (2014) “*1.4.- Efectos y aplicaciones de la electricidad.*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 11 de noviembre de 2021]  
<[https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947843/contido/14\\_efectos\\_y\\_aplicaciones\\_de\\_la\\_electricidad.html](https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947843/contido/14_efectos_y_aplicaciones_de_la_electricidad.html)>
- [27] Torres, Manuel (2014) “*3.2.3.- Circuito paralelo.*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 15 de noviembre de 2021]  
<[https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947843/contido/323\\_circuito\\_paralelo.html](https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947843/contido/323_circuito_paralelo.html)>
- [28] Vaz, Teresa (2020) “*Ventajas y Desventajas de la Energía Eléctrica*” [en línea]  
[Fecha de consulta: 13 de noviembre de 2021]  
<<https://energiatoday.com/electrica/ventajas-y-desventajas/>>

## ANEXO I EJERCICIOS RESUELTOS

1. ¿Qué es un átomo? ¿Sabrías dibujar sus partes?

Un átomo es una partícula muy pequeña (no se puede descomponer químicamente) que forma la materia.

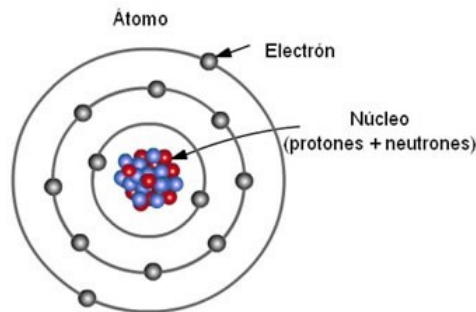


Imagen extraída de [19].

2. Nombra las partículas que forman el átomo e indica la carga de cada una de ellas.

Los átomos están constituidos por:

1. **Protones:** partículas que poseen carga positiva y forman parte del núcleo del átomo.
2. **Neutrones:** partículas que no poseen carga eléctrica y forman parte del núcleo del átomo.
3. **Electrones:** partículas que poseen carga negativa y que se mueven alrededor del núcleo.

3. ¿Qué partículas del átomo son las responsables de los fenómenos eléctricos? ¿Sabrías explicar el motivo?

Los electrones, partículas con carga negativa, son los responsables de los fenómenos eléctricos.

Esto es debido a que los electrones pueden escapar de la órbita del átomo al ser más ligeros que las otras partículas (protones y neutrones).

4. Completa la siguiente frase:

Si dos cuerpos tienen el mismo tipo de carga se **repelen** y si tienen diferente tipo de carga se **atraen**.

5. Pon un par de ejemplos de material aislante y de material conductor. Explica las diferencias entre ambos tipos de materiales.

**Material aislante:** aquel material que no permite el paso de la corriente eléctrica, es decir, los electrones no pueden circular libremente a su través. Por ejemplo: el papel y el plástico.

**Material conductor:** aquel material que permite el paso de la corriente eléctrica, es decir, los electrones pueden circular libremente a su través. Por ejemplo: el aluminio y el bronce.

6. ¿Qué es la corriente eléctrica?

Es el movimiento de electrones por un conductor hacia el elemento de menor tensión o potencial eléctrico.

7. ¿Qué es la tensión eléctrica o voltaje? ¿En qué unidades se mide?

La **tensión eléctrica** o **voltaje** es como se conoce a la diferencia de cargas existente entre un cuerpo que está cargado positivamente y otro cuerpo negativamente. Se representa mediante la letra V.

Se mide en voltios (V).

8. ¿Qué es la intensidad de corriente? ¿En qué unidades se mide?

La **intensidad de corriente** es la cantidad de electrones que circulan por un conductor cada segundo. A mayor número de electrones por el conductor, mayor será la intensidad de corriente. Se representa mediante la letra I.

Se mide en amperios (A).

9. ¿Qué es la resistencia? ¿En qué unidades se mide?

La **resistencia** es la capacidad que tiene un material para permitir o no el paso de electrones. Se representa mediante la letra R.

Se mide en ohmios ( $\Omega$ ).

10. Completa en tu cuaderno la siguiente tabla:

Magnitud eléctrica	Símbolo	Unidad de medida	
		Nombre	Símbolo
Voltaje	V	Voltio	V
Intensidad de corriente	I	Amperio	A
Resistencia	R	Ohmio	$\Omega$

11. Cálculo de magnitudes eléctricas:

a. Si conectamos una resistencia de 50  $\Omega$  a una pila de 9 V, ¿qué intensidad circula por el circuito?

Aplicando la Ley de Ohm:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{9}{50} = 0,18 \text{ A}$$

b. ¿Qué resistencia se conectará a una pila de 4,5 V para que la intensidad de corriente sea de 10 mA?

En primer lugar, pasamos el valor de la intensidad de corriente a amperios (A):

$$10 \text{ mA} = 0,01 \text{ A}$$

A continuación, se aplica la Ley de Ohm:

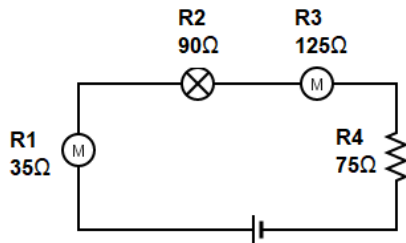
$$R = \frac{V}{I} = \frac{4,5}{0,01} = 450 \Omega$$

c. Por una resistencia de 25  $\Omega$  circula una corriente de 2 A, ¿qué voltaje hay entre los extremos de la resistencia?

Aplicando la Ley de Ohm:

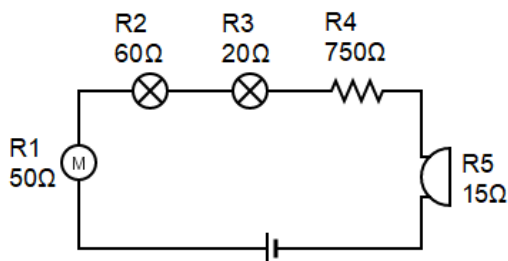
$$V = I \cdot R = 2 \cdot 25 = 50 \text{ V}$$

12. Practica el cálculo de resistencia equivalente con los siguientes circuitos:



En este circuito los componentes que ofrecen resistencia están en serie, es decir, uno detrás de otro por lo que la resistencia equivalente ( $R_e$ ) se calcula como:

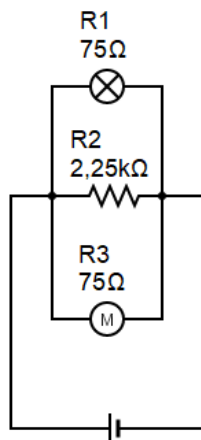
$$R_e = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = 35 + 90 + 125 + 75 = 325 \Omega$$



En este circuito los componentes que ofrecen resistencia están en serie, es decir, uno detrás de otro por lo que la resistencia equivalente ( $R_e$ ) se calcula como:

$$R_e = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5$$

$$R_e = 50 + 60 + 20 + 750 + 15 = 895 \Omega$$

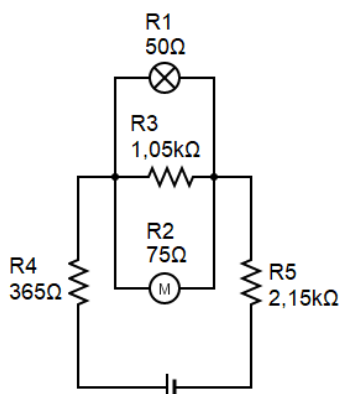


En primer lugar se cambian el valor de la resistencia R2 a ohmios ():

$$2,25 \text{ k}\Omega = 2.250 \Omega$$

A continuación, si se analiza el circuito se observa que los componentes que ofrecen resistencia están en paralelo por lo que la resistencia equivalente ( $R_e$ ) se calcula como:

$$R_e = \frac{1}{\frac{1}{75} + \frac{1}{2.250} + \frac{1}{75}} = \frac{1}{\frac{61}{2.250}} = \frac{2.250}{61} = 36,89 \Omega$$



En primer lugar se cambian el valor de las resistencias R3 y R5 a ohmios ():

$$R3 = 1,05 \text{ k}\Omega = 1.050 \Omega$$

$$R5 = 2,15 \text{ k}\Omega = 2.150 \Omega$$

En este caso, se tiene un circuito mixto con componentes que ofrecen resistencia en paralelo (R1, R2 y R3) y en serie (R4 y R5).

Para calcular la resistencia equivalente ( $R_e$ ), habrá que calcular la resistencia equivalente de R1, R2 y R3 (se denominará R123) y, posteriormente, la resistencia equivalente de R123 con R4 y R5 que estarán en serie.

Para calcular  $R_{123}$ , se aplicará la siguiente fórmula:

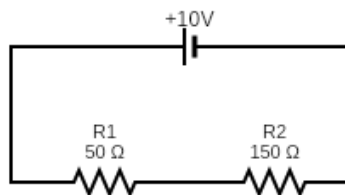
$$R_{123} = \frac{1}{\frac{1}{50} + \frac{1}{75} + \frac{1}{1050}} = \frac{1}{\frac{6}{175}} = \frac{175}{6} = 29,17 \Omega$$

A continuación, la resistencia equivalente ( $R_e$ ) del circuito se calculará como la de un circuito con elementos en serie, es decir, se sumará  $R_{123}$  con  $R_4$  y  $R_5$ :

$$R_e = R_4 + R_{123} + R_5$$

$$R_e = 365 + 29,17 + 2 \cdot 150 = 2.544,17 \Omega$$

13. Si tenemos el siguiente circuito, calcula:



a. La resistencia equivalente del circuito.

En este circuito los componentes que ofrecen resistencia están en serie, es decir, uno detrás de otro por lo que la resistencia equivalente ( $R_e$ ) se calcula como:

$$R_e = R_1 + R_2 = 50 + 150 = 200 \Omega$$

b. Calcula la intensidad de la corriente que atraviesa el circuito.

Aplicando la Ley de Ohm:

$$I = \frac{V}{R_e} = \frac{10}{200} = 0,05 \text{ A} = 50 \text{ mA}$$

c. Calcula la diferencia de potencial en los extremos de cada una de las resistencias y el valor de la intensidad que las atraviesa.

Al tratarse de un circuito con resistencias en serie, la intensidad que atraviesa cada una de las resistencias es la misma que la intensidad que atraviesa el circuito, por tanto:

$$I_1 = I_2 = I = 0,05 \text{ A} = 50 \text{ mA}$$

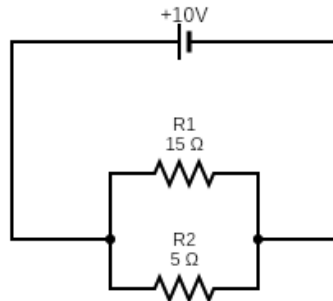
Aplicando la Ley de Ohm a cada una de las resistencias se calcula la diferencia de potencial en sus extremos:

$$V_1 = I_1 \cdot R_1 = 0,05 \cdot 50 = 2,5 \text{ V}$$

$$V_2 = I_2 \cdot R_2 = 0,05 \cdot 150 = 7,5 \text{ V}$$

Si nos fijamos, la suma de  $V_1$  y  $V_2$  da como resultado la tensión generada por la pila, es decir, 10 V.

14. Usando el siguiente circuito, calcula:



a. La resistencia equivalente del circuito.

Si se analiza el circuito se observa que los componentes que ofrecen resistencia están en paralelo por lo que la resistencia equivalente ( $R_e$ ) se calcula como:

$$R_e = \frac{1}{\frac{1}{15} + \frac{1}{5}} = \frac{1}{\frac{4}{15}} = \frac{15}{4} = 3,75 \Omega$$

b. Calcula la intensidad de la corriente que atraviesa el circuito.

Aplicando la Ley de Ohm:

$$I = \frac{V}{R_e} = \frac{10}{3,75} = 2,67 \text{ A}$$

c. Calcula la diferencia de potencial en los extremos de cada una de las resistencias y el valor de la intensidad que las atraviesa.

Al tratarse de un circuito en con resistencias paralelo, diferencia de potencial en los extremos de cada una de las resistencias es la misma, y coincide con la diferencia de potencial en los extremos del generador:

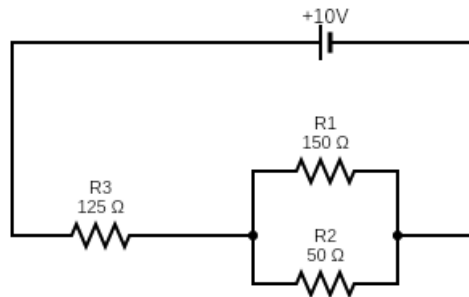
$$V_1 = V_2 = V = 10 \text{ V}$$

Aplicando la Ley de Ohm a cada una de las resistencias se calcula la intensidad que las atraviesa:

$$I_1 = \frac{V_1}{R_1} = \frac{10}{15} = 0,67 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{10}{5} = 2 \text{ A}$$

15. Si tenemos el siguiente circuito, calcula:



a. La resistencia equivalente del circuito.

En este caso, se tiene un circuito mixto con resistencias en paralelo (R1 y R2) y en serie (R3).

Para calcular la resistencia equivalente ( $R_e$ ), habrá que calcular la resistencia equivalente de R1 y R2 (se denominará R12) y, posteriormente, la resistencia equivalente de R12 con R3 que estarán en serie.

Para calcular R12, se aplicará la siguiente fórmula:

$$R_{12} = \frac{1}{\frac{1}{150} + \frac{1}{50}} = \frac{1}{\frac{2}{75}} = \frac{75}{2} = 37,5 \Omega$$

A continuación, la resistencia equivalente ( $R_e$ ) del circuito se calculará como la de un circuito con elementos en serie, es decir, se sumará R12 con R3:

$$R_e = R_{12} + R_3 \\ R_e = 37,5 + 125 = 162,5 \Omega$$

b. Calcula la intensidad de la corriente que atraviesa el circuito.

Aplicando la Ley de Ohm:

$$I = \frac{V}{R_e} = \frac{10}{162,5} = 0,06 \text{ A} = 60 \text{ mA}$$

c. Calcula la diferencia de potencial en los extremos de cada una de las resistencias y el valor de la intensidad que las atraviesa.

En este caso, como la resistencia R3 está en serie en el circuito, la intensidad que la atraviesa es la misma que la proporcionada por la pila:

$$I_3 = I = 0,06 \text{ A} = 60 \text{ mA}$$

La diferencia de potencial en los extremos de la resistencia R3 se calculará usando la Ley de Ohm:

$$V_3 = I_3 \cdot R_3 = 0,06 \cdot 125 = 7,5 \text{ V}$$



Para el caso de las resistencias R1 y R2, al estar asociadas en paralelo, la diferencia de potencial en los extremos de cada una de las resistencias es la misma y se calcula como:

$$V_{12} = V - V_3 = 70 - 7,5 = 2,5V$$

$$V_{12} = V_1 = V_2 = 2,5V$$

Por último, para calcular la intensidad que atraviesa las resistencias R1 y R2 se usa la Ley de Ohm:

$$I = \frac{V}{R_e} = \frac{10}{162,5} = 0,06A = 60mA$$

$$I_2 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{2,5}{50} = 0,05A = 50mA$$

16. Determina la resistencia de un circuito eléctrico, sabiendo que está sometido a una tensión de 20 V y que la corriente que circula es de 15 mA.

En primer lugar, pasamos el valor de la intensidad de corriente a amperios (A):

$$15 \text{ mA} = 0,015 \text{ A}$$

A continuación, se aplica la Ley de Ohm:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{20}{0,015} = 1.333,33\Omega$$

17. La piel húmeda hace que la resistencia del cuerpo humano sea de 2,5 kΩ. ¿Qué tensión será necesaria para provocar el paso, por el cuerpo humano, de una corriente peligrosa de 30 mA?

En primer lugar, pasamos el valor de la resistencia a ohmios (Ω) y el valor de la intensidad de corriente a amperios (A):

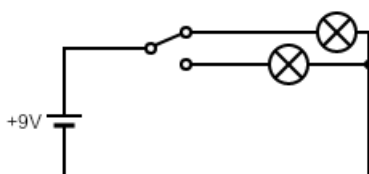
$$2,5 \text{ k}\Omega = 2.500 \Omega$$

$$30 \text{ mA} = 0,03 \text{ A}$$

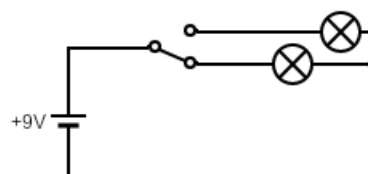
A continuación, se aplica la Ley de Ohm:

$$V = I \cdot R = 0,03 \cdot 2.500 = 75V$$

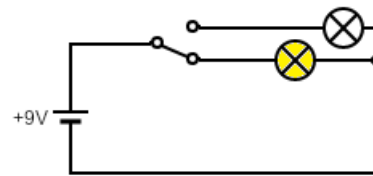
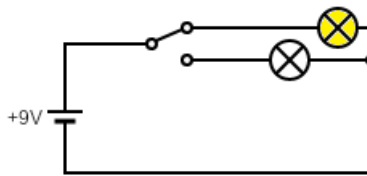
18. Explica en función de la posición del interruptor que bombilla estará encendida:



En este caso, el circuito de la bombilla superior está cerrado y el circuito de la bombilla inferior está abierto. Por tanto, la bombilla superior brillará y la bombilla inferior no.



En este caso, el conmutador ha cambiado de posición respecto al circuito anterior. De esta forma, el circuito de la bombilla superior está abierto y el circuito de la bombilla inferior está cerrado. Por tanto, la bombilla inferior brillará y la bombilla superior no.



19. ¿Qué tipo de transformación eléctrica se produce en un altavoz?

Un altavoz convierte energía eléctrica en energía acústica.

20. Nombra 3 aparatos eléctricos diferentes e identifica el tipo de transformación eléctrica que se produce en cada uno de ellos.

La **tostadora** tiene la capacidad de transformar la energía eléctrica en energía térmica (calor).

En un **ventilador** la energía eléctrica se transforma en mecánica.

En una **bombilla** la energía eléctrica se transforma en energía luminosa y térmica (calor).

21. ¿Qué precauciones debemos tomar para evitar accidentes con la electricidad y el agua?

Estas son algunas de las medidas a usar para estar a salvo de cualquier tipo de descarga eléctrica y evitar sufrir un accidente.

1. Cuando te bañes, no debe haber ningún aparato eléctrico ni enchufe cerca del agua.
2. En general, no dejar aparatos eléctricos ni regletas enchufadas cerca de una fuente de agua, ya que aumenta el riesgo de electrocución.
3. Nunca conectes un aparato a la corriente si estás en una zona húmeda o si estás descalzo.
4. Antes de usar un aparato o enchufe eléctrico, debes asegurarte que tus manos estén bien secas y que no estés sobre el suelo mojado.

22. ¿Puedes indicar cinco maneras que ayuden a ahorrar energía en casa o en el centro educativo?

Algunas de las medidas para ahorrar energía en casa o en el centro educativo son estas (recuerda que no son las únicas):

1. Aprovecha al máximo la luz solar. Por ejemplo, se pueden incorporar claraboyas en pasillos, baños y otras áreas comunes en el centro educativo para reducir el uso de iluminación artificial.
2. Una opción muy práctica tanto para casa como para el centro educativo es reemplazar todas las bombillas incandescentes y luces fluorescentes estándar por opciones más eficientes como los led.
3. Usar sensores de presencia para encender y apagar las luces en una habitación. Esta opción es válida tanto para casa como para el centro educativo especialmente para aplicar en zonas de uso ocasional.
4. Invertir en electrodomésticos de bajo consumo.

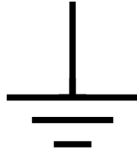

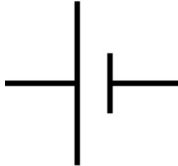
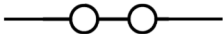
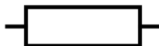
5. Evitar dejar los aparatos en modo “stand by” ya que siguen teniendo un consumo que puede llegar al 10 % (denominado consumo fantasma). Por tanto, lo mejor es apagarlos totalmente o desconectarlos.

23. ¿Crees que pilas y baterías se deben reciclar y recoger en contenedores específicos? ¿Por qué? ¿Qué problemas pueden aparecer si se desechan en la basura?

Las pilas y las baterías contienen metales y sustancias químicas tóxicas como el mercurio, el cadmio o el plomo que son peligrosos para la salud (no sólo humana, sino a la de casi todas las especies de plantas y animales) y el medio ambiente, si no se tratan de forma adecuada.

Desecharlos sin control directamente a la basura produce importantes impactos contra el medio ambiente y, en consecuencia, para la salud. Hay estudios que indican que una sola pila de mercurio podría contaminar hasta 600.000 litros de agua potable. Conocer el grado de toxicidad de pilas y baterías, así como el daño que producen al ambiente y la salud si no se desechan adecuadamente, nos debería alertar de la urgencia de tomar toda la sociedad consciencia de las acciones que realiza sobre su entorno.

24. Copia la tabla en tu cuaderno y complétala.

Elemento o componente	Símbolo
Led	
Toma tierra	
Fusible	
Resistencia	
Pila	
Zumbador	
Interruptor cerrado	
Motor	
Resistencia	

25. Monta el siguiente circuito en tu *protoboard*.

Una posible solución aparece al usar la aplicación *electk[AR]* apuntando con el *smartphone* a la *protoboard*.

## ANEXO II

### CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN <sup>[5]</sup> <sup>[15]</sup>

#### Competencias

1. **Competencia en tecnología, matemáticas y física:** mediante el cálculo de diversas magnitudes eléctricas y valores de la Ley de Ohm.
2. **Competencia lingüística:** mediante la adquisición de vocabulario específico y corrección ortográfica.
3. **Competencia digital:** se favorecerá el desarrollo de habilidades para buscar, procesar y elaborar información usando las Tecnología de la Información y la Comunicación (TIC).
4. **Competencia para aprender a aprender:** se favorecerá tomar consciencia de las capacidades que cada uno posee.
5. **Competencias sociales y cívicas:** se favorecerá el respeto, la cooperación y el trabajo en equipo.

#### Criterios de evaluación

1. Definir conceptos básicos relacionados con la unidad didáctica desarrollada.
2. Analizar y describir el funcionamiento y la aplicación de un circuito eléctrico básico y sus componentes elementales.
2. Realizar diseños de circuitos eléctricos básicos empleando la simbología adecuada.
3. Experimentar con el montaje de circuitos eléctricos básicos.
4. Conocer las magnitudes eléctricas.
5. Resolver problemas relacionados con la Ley de Ohm y con circuitos en serie, paralelos y mixtos.
6. Conocer los riesgos del uso de la energía eléctrica.
7. Desenvolverse con el uso de la aplicación elect[AR].

#### Procedimiento de evaluación

Para la evaluación del proceso de enseñanza-aprendizaje del alumnado se procederá de la siguiente forma:

1. Trabajos prácticos y/o actividades propuestos por el profesorado, evaluándose:
  - La aplicación de los conocimientos teóricos adquiridos.
  - El grado de integración en el grupo de trabajo, salvo que el trabajo fuese individual.
  - El desarrollo del trabajo y/o actividad siguiendo un orden lógico.
  - El correcto uso del material necesario y de las herramientas informáticas.
  - El tiempo empleado.
  - El resultado final.
  - La memoria del trabajo y/o actividad a entregar.

Con este tipo de trabajos se pretende que el alumnado use las nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación como herramientas en el proceso de enseñanza-aprendizaje, incluyendo siempre que sea posible gamificación para afianzar más los conocimientos que puedan adquirir.

Por ejemplo, se puede proponer construir desde un detector de materiales conductores casero ([https://www.youtube.com/watch?v=O0YB4-\\_M3ww](https://www.youtube.com/watch?v=O0YB4-_M3ww)) hasta una alarma casera (<https://www.youtube.com/watch?v=N9mMBvibksY>).

2. Prueba escrita para controlar el grado de adquisición de conocimientos al finalizar la unidad didáctica. A criterio del profesorado, posibilidad de una nueva prueba escrita en caso de suspenso (esta prueba solo se valorará con un 5, como máximo, en caso de superarla).

Estas pruebas tendrán preguntas concretas que deberán tener respuestas concretas, basadas en la información que aparece en la correspondiente unidad didáctica. Estas preguntas pueden ser de desarrollo (su contestación no deberá extenderse más de 5 líneas), de tipo test (con una única respuesta correcta) y/o de resolución problemas.

Solo se valorarán las preguntas, sean del tipo que sean, debidamente contestadas. Las respuestas en blanco o las erróneas no descontarán para la calificación.

### **Criterios de calificación**

La puntuación de la unidad didáctica irá de 0 a 10, siendo necesario un 5 para considerar que la unidad didáctica se ha superado.

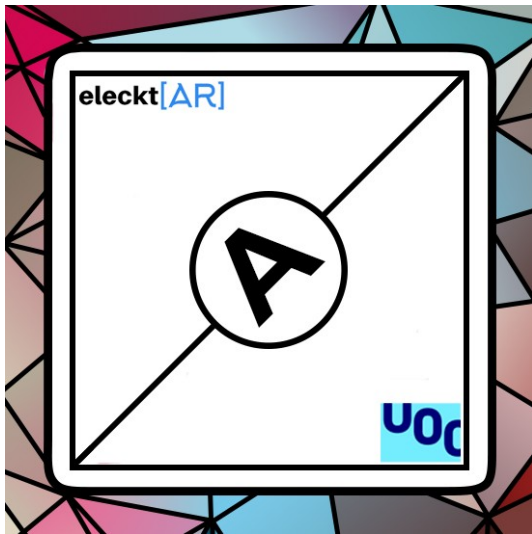
Se realizará una prueba escrita que tendrá un peso de un 80% sobre el total de la calificación, siendo necesario obtener como mínimo un 4 para que puntúe en la nota final.

Los trabajos prácticos y/o actividades tendrán un peso de un 20% sobre el total de la calificación, que se añadirá a la nota de la prueba escrita siempre que se haya superado la misma.

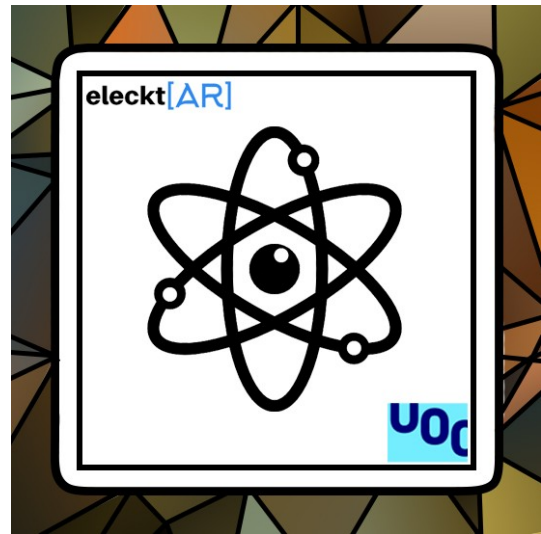
Siguiendo las indicaciones y los criterios del Departamento de Lengua:

1. Se descontarán 0,1 puntos por cada falta ortográfica en la prueba escrita, sea del tipo que sea. Si la misma falta se repite, se deducirá únicamente una vez.
2. La máxima puntuación que descontará este apartado es de 1 punto sobre la nota final de la prueba escrita, pudiendo suspender la misma. Por ejemplo, si la calificación de la prueba escrita es de 5,2 y por faltas se descuentan 0,4 puntos, la nota final será de 4,8 y la calificación final será de suspenso.

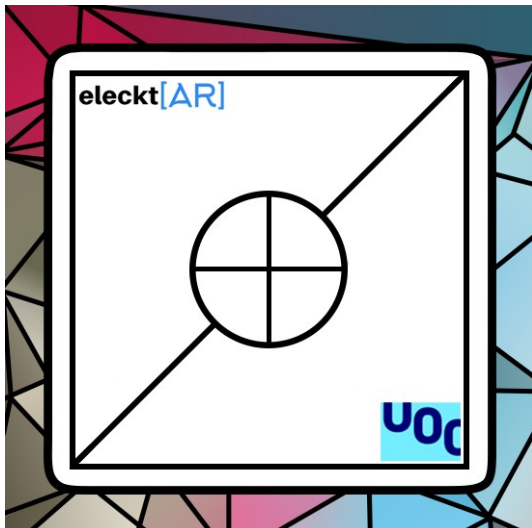
ANEXO III  
MARCADORES DE REALIDAD AUMENTADA



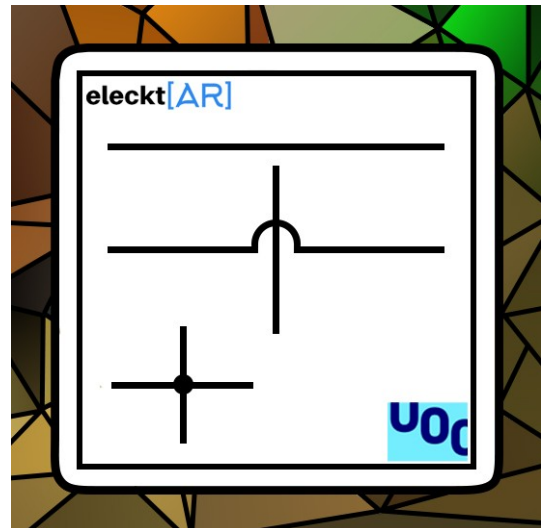
Amperímetro



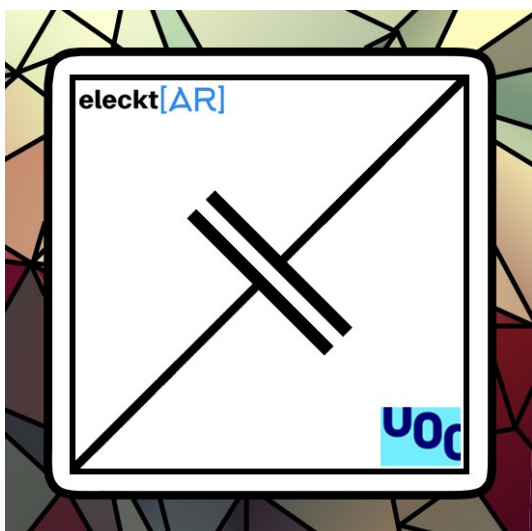
Átomo



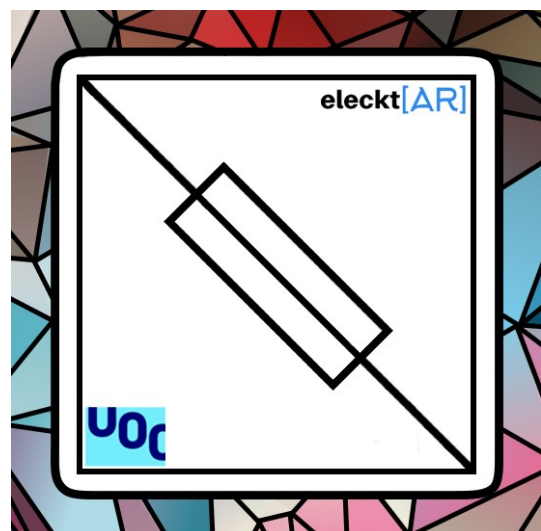
Bombilla



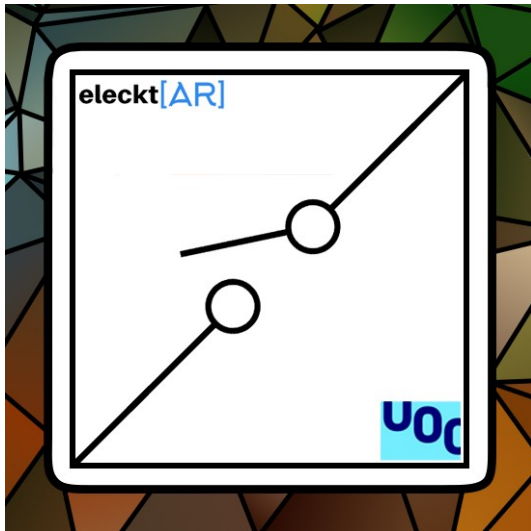
Cable



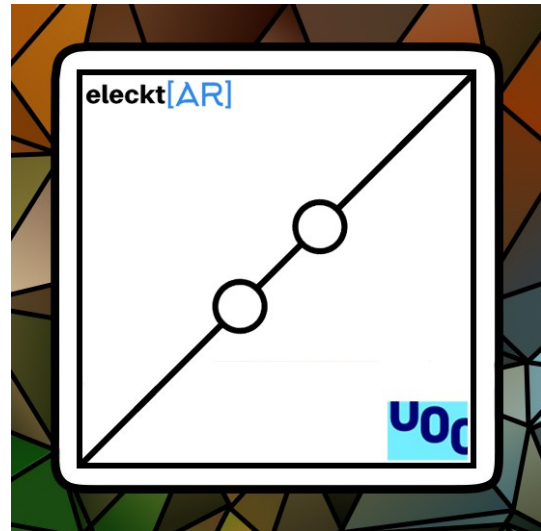
Condensador



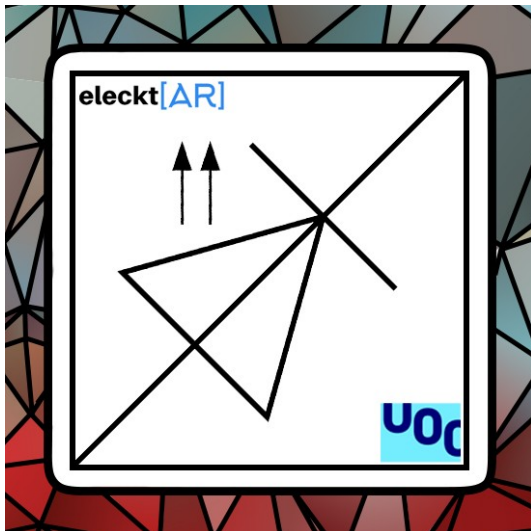
Fusible



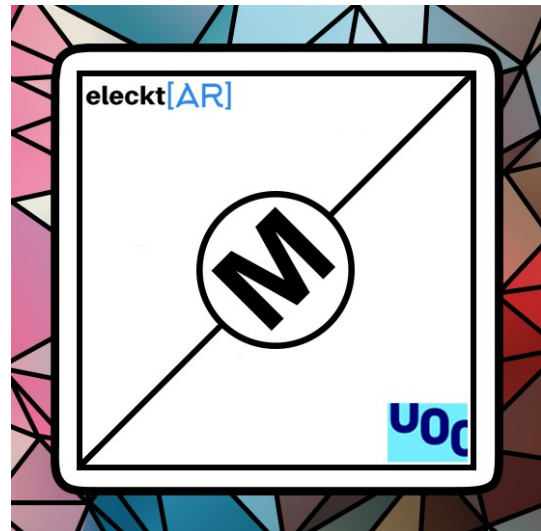
Interruptor abierto



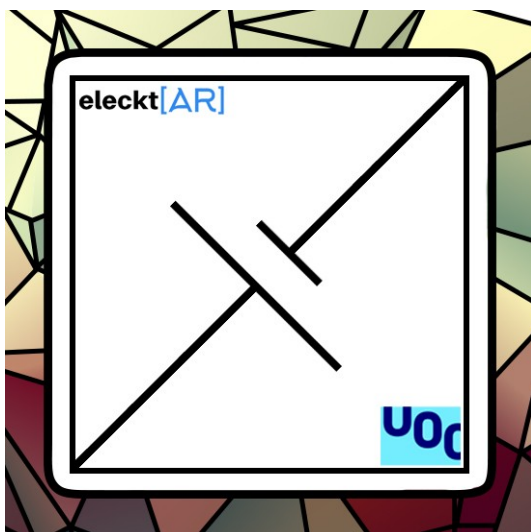
Interruptor cerrado



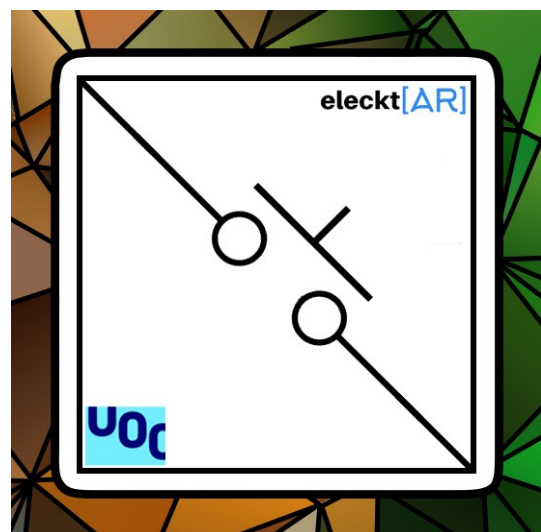
Led



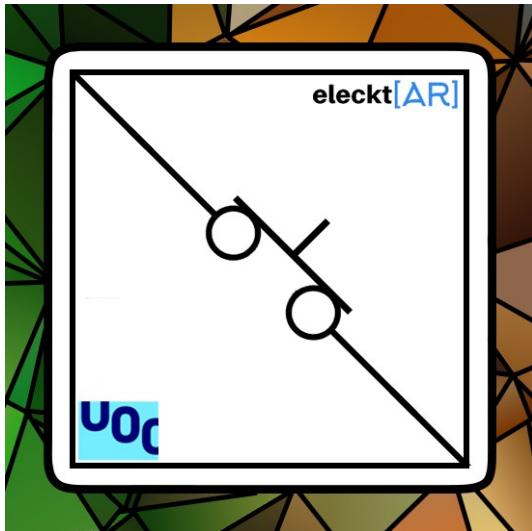
Motor



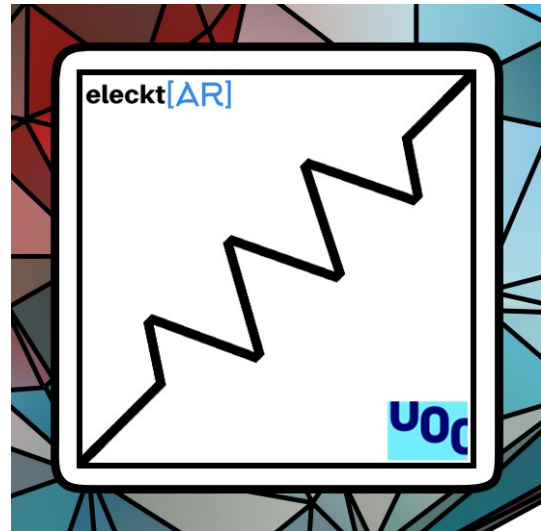
Pila



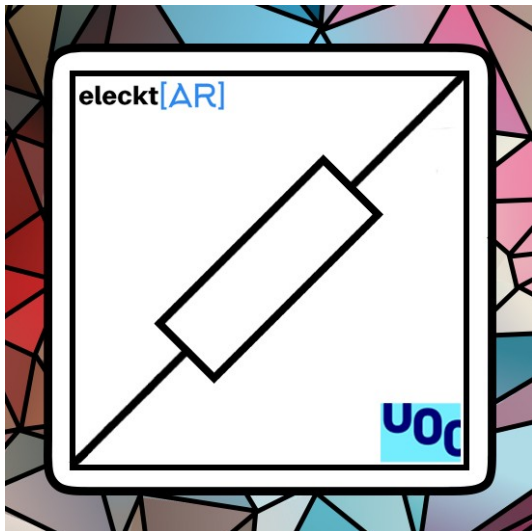
Pulsador abierto



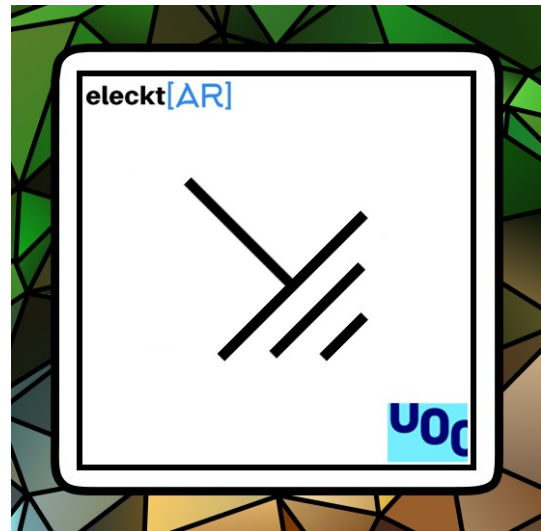
Pulsador cerrado



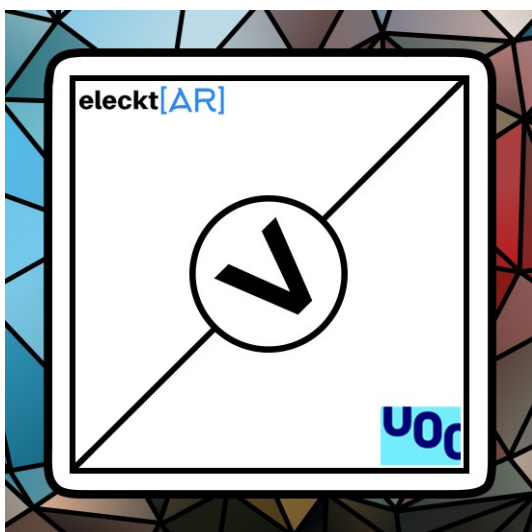
Resistencia\_1



Resistencia\_2



Toma tierra



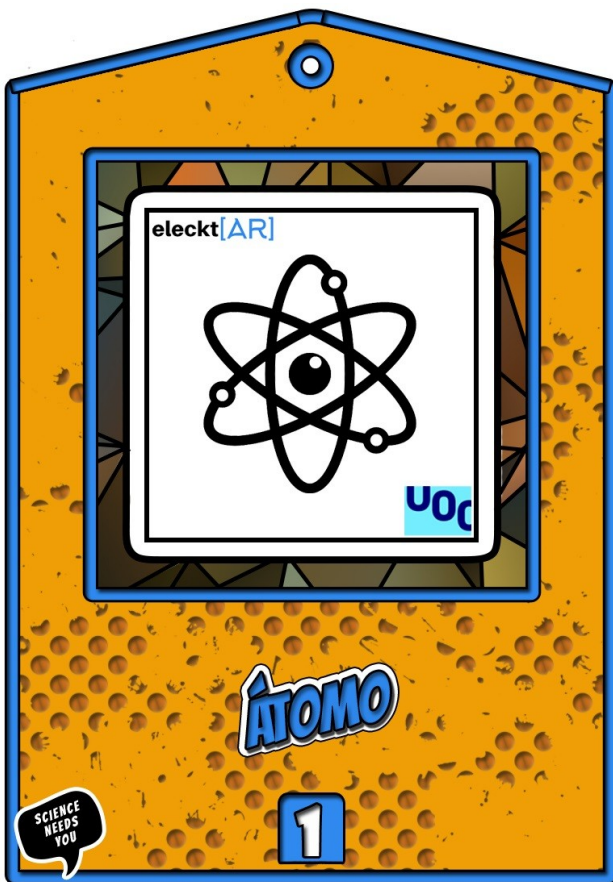
Voltímetro



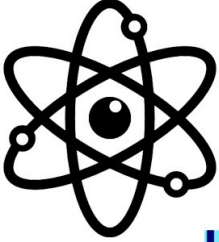
Zumbador



ANEXO IV  
FLASHCARDS CON REALIDAD AUMENTADA



electk[AR]

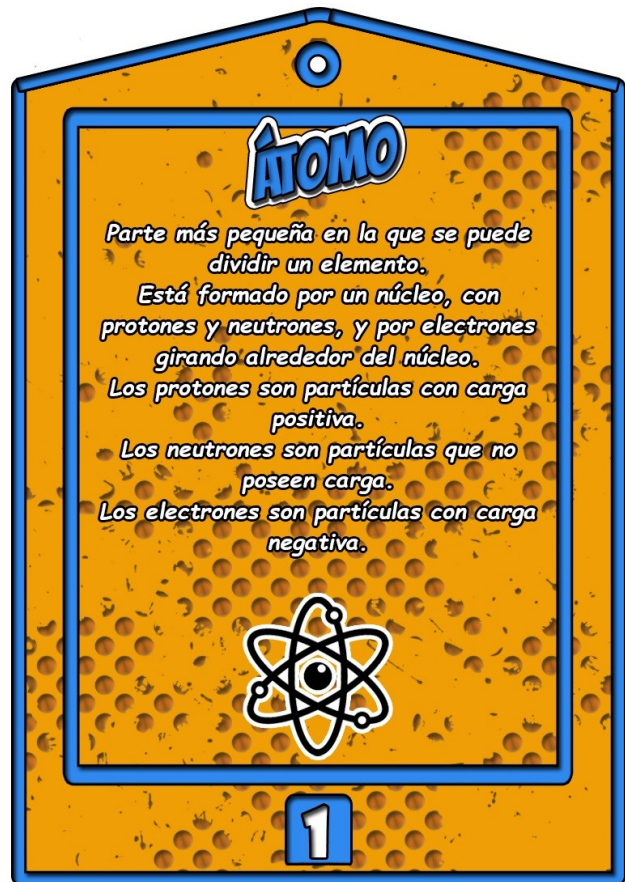


UOC

**ÁTOMO**

1

SCIENCE NEEDS YOU



**ÁTOMO**


Parte más pequeña en la que se puede dividir un elemento.

Está formado por un núcleo, con protones y neutrones, y por electrones girando alrededor del núcleo.

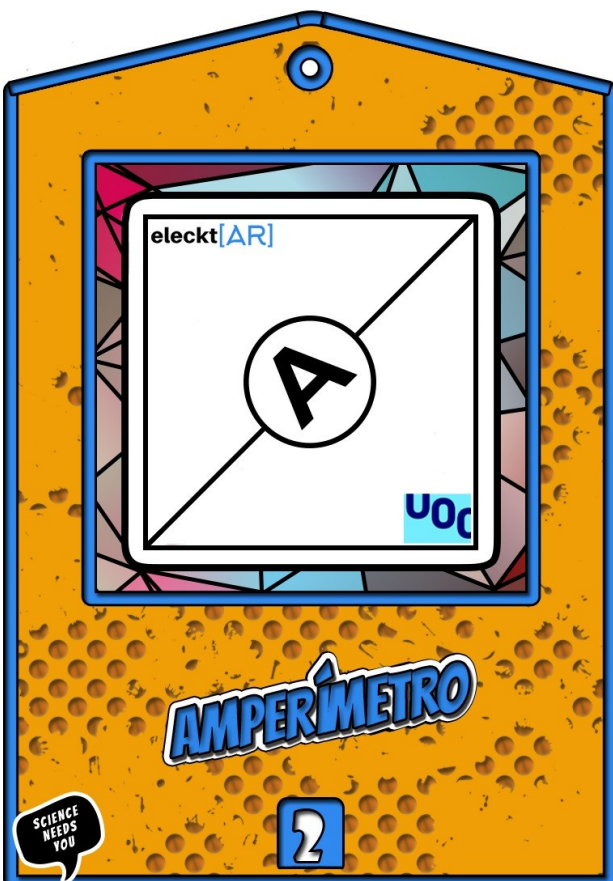
Los protones son partículas con carga positiva.

Los neutrones son partículas que no poseen carga.


Los electrones son partículas con carga negativa.



1



electk[AR]

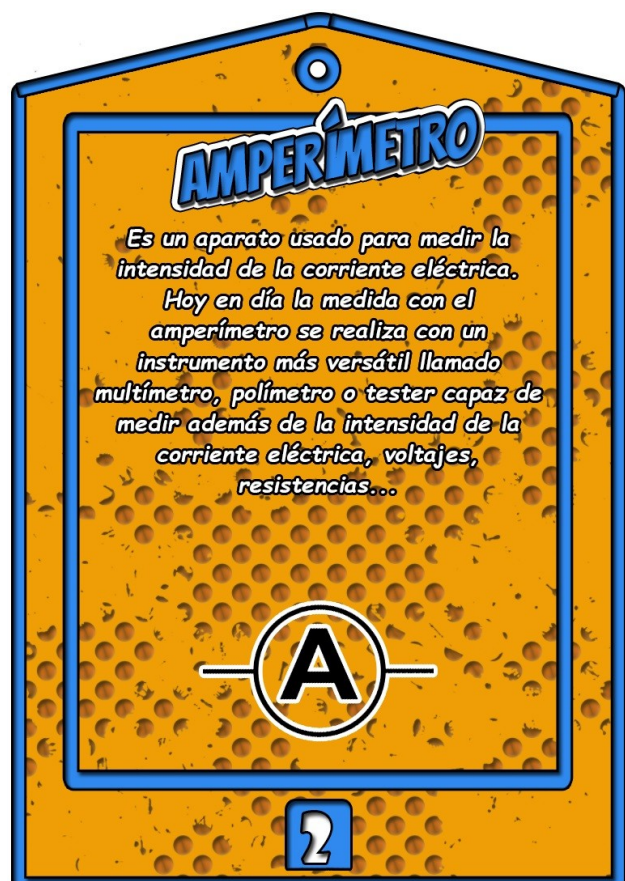


UOC

**AMPERÍMETRO**

2


SCIENCE NEEDS YOU



**AMPERÍMETRO**

Es un aparato usado para medir la intensidad de la corriente eléctrica.

Hoy en día la medida con el amperímetro se realiza con un instrumento más versátil llamado multímetro, polímetro o tester capaz de medir además de la intensidad de la corriente eléctrica, voltajes, resistencias...



2

electt[AR]

UOC

**BOMBILLA**

3

SCIENCE NEEDS YOU

**BOMBILLA**

Es un componente que emite luz debido al paso de la corriente eléctrica a través de un filamento que se encuentra en el interior del cuerpo de cristal. La corriente eléctrica que pasa por ese delgado filamento provoca que el metal entre en incandescencia e irradie luz.

3

electt[AR]

UOC

**CABLES**

4

SCIENCE NEEDS YOU

**CABLES**

Son elementos que transportan energía eléctrica desde el generador hasta los receptores, conectando los diferentes elementos del circuito permitiendo el flujo de electrones. Se usan cables de metal, normalmente cobre (conductor), recubiertos de plástico (aislante) para que los electrones no se escapen del cable.

4

**CONDENSADOR**

5

SCIENCE NEEDS YOU

**CONDENSADOR**

Es un componente que en un circuito eléctrico se encarga de almacenar energía en forma de carga eléctrica. Su función de almacenamiento de energía sirve para estabilizar la corriente eléctrica de modo que el circuito funcione de forma estable.

5

**FUSIBLE**

6

SCIENCE NEEDS YOU

**FUSIBLE**

Un fusible es un elemento de protección del circuito eléctrico. Está compuesto de un hilo de cobre calibrado (con una sección concreta) por el que sólo pasa cierta cantidad de corriente. Si la corriente es mayor a la determinada, el hilo de cobre se rompe y, en consecuencia, el circuito se abre y se impide el paso de corriente (evitando que el circuito se dañe).

6

electk[AR]

uoc

**INTERRUPTOR**

SCIENCE NEEDS YOU

7

**INTERRUPTOR**

Es un dispositivo usado en los circuitos eléctricos que, al presionarlo, permite dirigir o interrumpir el paso de la corriente eléctrica que circula por ellos.

Interruptor abierto

Interruptor cerrado

7

electk[AR]

uoc

**INTERRUPTOR**

SCIENCE NEEDS YOU

8

**INTERRUPTOR**

Es un dispositivo usado en los circuitos eléctricos que, al presionarlo, permite dirigir o interrumpir el paso de la corriente eléctrica que circula por ellos.

Interruptor abierto

Interruptor cerrado

8

electt[AR]

UOC

LED

9

SCIENCE NEEDS YOU

**LED**

Es un dispositivo que permite el paso de corriente por un semiconductor, se polariza y emite un haz de luz. Según el material del que esté elaborado el semiconductor, el LED proyectará una luz de un color o de otro.

9

electt[AR]

UOC

MOTOR

10

SCIENCE NEEDS YOU

**MOTOR**

Es un dispositivo que convierte la energía eléctrica en energía mecánica de rotación gracias a la acción de los campos magnéticos variables que generan las bobinas que se encuentran dentro del motor.

10

electk[AR]

UOC

**PILA**

11

SCIENCE NEEDS YOU

**PILA**

Es un dispositivo capaz de generar corriente eléctrica continua. Funciona transformando la energía química de sus componentes en energía eléctrica, proporcionando la energía necesaria para que las cargas eléctricas circulen por un circuito.

11

electk[AR]

UOC

**PULSADOR**

12

SCIENCE NEEDS YOU

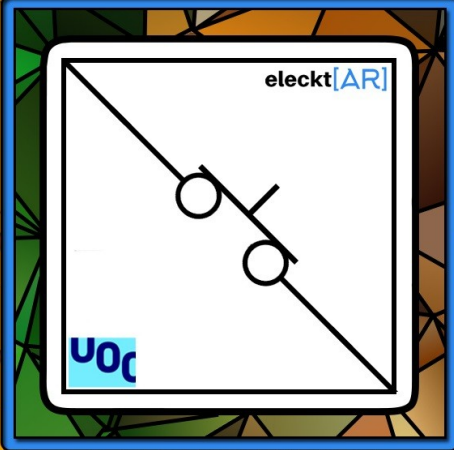
**PULSADOR**

Es un dispositivo usado en los circuitos eléctricos que, al mantenerlo presionado, permite dirigir o interrumpir el paso de la corriente eléctrica que circula por ellos.

Pulsador abierto

Pulsador cerrado

12




**PULSADOR**

13


SCIENCE NEEDS YOU

**PULSADOR**

Es un dispositivo usado en los circuitos eléctricos que, al mantenerlo presionado, permite dirigir o interrumpir el paso de la corriente eléctrica que circula por ellos.



Pulsador abierto



Pulsador cerrado

13



**RESISTENCIA**


14

SCIENCE NEEDS YOU

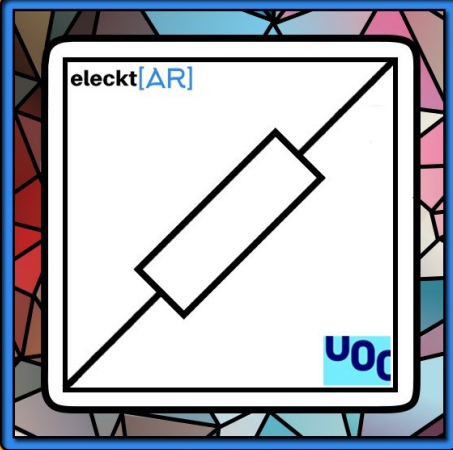
**RESISTENCIA**

Es un elemento pasivo de un circuito eléctrico que sirve para limitar la corriente que circula por una rama de un circuito eléctrico.

Se clasifican según un código, formado por 4 o 5 bandas de colores, mediante el cual es posible conocer el valor de la resistencia mirándola.



14



**RESISTENCIA**


15

SCIENCE NEEDS YOU

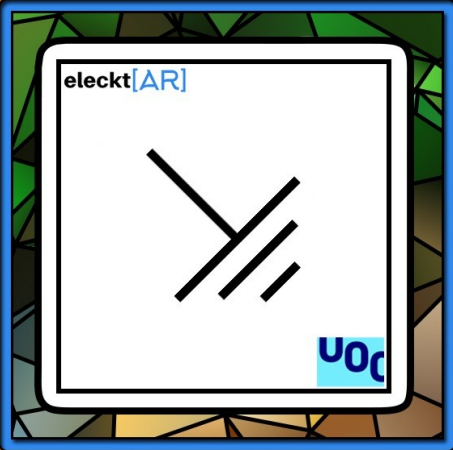
**RESISTENCIA**

Es un elemento pasivo de un circuito eléctrico que sirve para limitar la corriente que circula por una rama de un circuito eléctrico.

Se clasifican según un código, formado por 4 o 5 bandas de colores, mediante el cual es posible conocer el valor de la resistencia mirándola.



15



**TOMA TIERRA**

16

SCIENCE NEEDS YOU


**TOMA TIERRA**

Es un mecanismo de seguridad que forma parte de los circuitos eléctricos cuya función es derivar eventuales desvíos de la corriente, impidiendo descargas eléctricas.



16





electkt[AR]

V

UOC

**VOLTÍMETRO**


17

SCIENCE NEEDS YOU

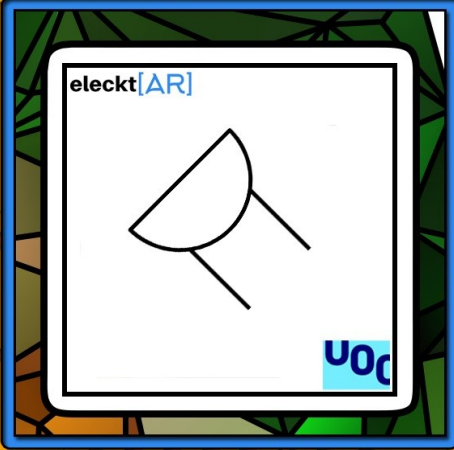
**VOLTÍMETRO**

Es un aparato usado para medir la diferencia de potencial eléctrico o voltaje entre dos puntos en una corriente eléctrica.

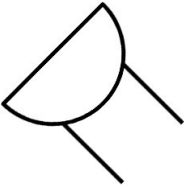
Hoy en día la medida con el voltímetro se realiza con un instrumento más versátil llamado multímetro, polímetro o tester capaz de medir además de la intensidad de la corriente eléctrica, voltajes, resistencias...



17



electkt[AR]



UOC

**ZUMBADOR**


18

SCIENCE NEEDS YOU

**ZUMBADOR**

También conocido como buzzer, es un pequeño transductor capaz de convertir la energía eléctrica en sonido.

Los más comunes son los de tipo piezoeléctrico, que tienen una lámina metálica pegada a una lámina cerámica. Cuando se aplica una tensión entre ambas se arquea emitiendo un click.








18






## ANEXO V ENCUESTA DE SATISFACCIÓN

Con esta sencilla encuesta de fácil aplicación y diseño atractivo, se pretende recopilar datos de interés referentes tanto a la unidad didáctica en sí, como a la experiencia que ha supuesto usar realidad aumentada (RA) en la misma.

La finalidad es doble. Por un lado, evaluar si la unidad didáctica cubre las necesidades y/o las expectativas del alumnado (redacción sencilla, contenidos adecuados y debidamente explicados, equilibrio entre teoría y práctica, impacto en el proceso de enseñanza-aprendizaje, adecuado uso de la RA, facilidad de uso de la aplicación...); y, por otro lado, marcará las futuras líneas de investigación y desarrollo del proyecto que pueda surgir de este trabajo final de grado (por ejemplo, redactar y publicar un libro de texto completo para la asignatura de Tecnología con un papel destacado para la RA).

A continuación, se detalla la escala gráfica usada para la recopilación de datos de las encuestas junto con el detalle de su descripción:

-  Totalmente insatisfecho.
-  Poco satisfecho.
-  Satisfecho.
-  Muy satisfecho.
-  Altamente satisfecho.

						
1	La redacción de la unidad didáctica ha facilitado el aprendizaje de los conceptos planteados.					
2	Los ejercicios planteados, ¿han favorecido la adquisición de conceptos?					
3	La experiencia con realidad aumentada (RA), ¿te ha motivado en tu aprendizaje?					
4	¿Consideras adecuados los modelos 3D usados?					
5	¿Te han gustado las <i>flashcards</i> ?					
6	¿Ha sido complicado usar la aplicación de RA?					
7	¿Te gustaría que se introdujesen más actividades con RA en esta y otras asignaturas?					
8	¿Qué mejorarías en la aplicación de RA?					
9	De forma global, ¿cómo calificarías tu experiencia con RA en esta unidad didáctica?					

