

Sobre el uso de objetos 3D glTF en la enseñanza de la electrónica

Julio Brégains
Dpto. Ing. de Computadores, CITIC, GTEC
Universidade da Coruña, A Coruña, España
julio.bregains@udc.es

José M. Andión
Dpto. Ing. de Computadores, CITIC, GAC
Universidade da Coruña, A Coruña, España
jose.manuel.andion@udc.es

Abstract— En esta comunicación se describe y analiza la creación de objetos 3D para la representación de dispositivos y sistemas en la enseñanza de la electrónica a nivel universitario – entre otros entornos pedagógicos–.

Keywords—glTF, glb, objetos 3D, dispositivos, sistemas electrónicos.

I. INTRODUCCIÓN

En asignaturas de electrónica, el uso de gráficas adecuadas es fundamental para una óptima transmisión de ideas. Esto no solo concierne a las abstracciones –como curvas para analizar el comportamiento de un dispositivo, o simbología para representar los circuitos–, sino también a aspectos eminentemente prácticos –como la configuración física o el aspecto de los dispositivos, los instrumentos de medida, etcétera–. En la práctica docente usual, el profesorado utiliza herramientas de edición de gráficas 2D para crear lo primero, o bien obtiene dichas gráficas de repositorios en Internet. Y, para lo segundo, lo más común es que se obtengan directamente fotografías, también a través de descargas en la red. Esto último tiene desventajas obvias: los objetos de las fotografías obtenidas no pueden manipularse –sus posiciones y orientaciones son fijas–, ni admiten despieces –algo, en ocasiones, muy útil desde un punto de vista pedagógico–. Una alternativa que soluciona estas limitaciones consiste en la obtención de objetos virtuales tridimensionales que representen esos dispositivos o sistemas electrónicos. En la actualidad, existen páginas web desde las que es posible visualizar e incluso descargar algunos de esos objetos, aunque su diversidad no es tan amplia como para obtener con facilidad lo requerido en las clases de electrónica. Y esa limitación se amplía en los casos en que dichos objetos no son gratuitos.

Para el diseño y edición de objetos 3D existe un extenso conjunto de herramientas CAD¹ disponibles, algunas de las cuales son gratuitas –como, por ejemplo, FreeCAD [1] o Openscad [2]–. Sin embargo, a pesar de que con ellas se puede crear sin mayores problemas cualquier objeto tridimensional, tienen algunas limitaciones para representar texturas². Esto reduce considerablemente la opción de modelar representaciones realistas de los dispositivos o sistemas requeridos en la docencia de la electrónica.

Otra problemática del uso de los programas CAD está relacionada con el modo de visualizar esos objetos durante una clase. Actualmente es común exponer los contenidos utilizando presentaciones en pantalla, y uno de los programas

más utilizados para tal fin es Microsoft PowerPoint [3], un software estándar dentro del entorno académico [4]. En este caso, la utilización de la propia herramienta CAD como medio para exhibir modelos tridimensionales interrumpa la continuidad de la exposición (ya que PowerPoint no admite, al menos en sus versiones actuales, objetos CAD integrados en las presentaciones) y, por ello, es necesario cambiar de entorno (pasar de la presentación a la interfaz del programa CAD) para exhibirlos.

Por otra parte, aun cuando se hayan obtenido modelos 3D precisos en proporciones y medidas, y relativamente depurados en aspecto general, debe tenerse especial cuidado con el formato utilizado para su inserción en las presentaciones, ya que se pueden perder las ventajas de la tridimensionalidad y provocar que sea imposible su manipulación. En las últimas versiones de PowerPoint 365 se ha habilitado la opción de insertar objetos 3D desde la propia librería del programa, o bien desde un fichero externo con extensiones glTF (Graphics Language Transmission Format) o glb (Graphics Language Binary) [5]-[7] (estas dos extensiones hacen referencia al mismo formato de objetos, por lo que en este artículo se utilizarán indistintamente). Utilizar estas opciones permite la libre manipulación del modelo: es posible moverlo, ampliarlo o rotarlo para posicionarlo a voluntad dentro de una diapositiva. También es posible dotarlo de animación con las correspondientes herramientas del propio PowerPoint, que permiten realizar desplazamientos, rotaciones, desvanecimientos (aumentos paulatinos de transparencia), zooms, etcétera, de los objetos incrustados. Estas animaciones poseen una limitación muy importante: solo pueden ser aplicadas al modelo 3D como un todo, de manera que no es posible visualizar movimientos de sus partes o secciones. Sin embargo, hay algunas excepciones: la propia librería de modelos 3D de PowerPoint posee algunos con animaciones más elaboradas (aunque la mayoría de ellos no son objetos tecnológicos, sino animales o caricaturas).

La solución general consiste, entonces, en obtener o diseñar de alguna manera estos objetos glTF que, además, ya tengan incorporadas esas animaciones. Puesto que los objetos glTF están basados en el lenguaje estándar JSON (JavaScript Object Notation), [8], [9], la manera de obtenerlos y editarlos directamente es a través del uso de editores-compiladores de dicho lenguaje. Desafortunadamente, todavía no existen programas que realicen esta tarea por manipulación directa sobre los objetos³.

¹ Computer-Aided Design, diseño asistido por computadora.

² En el ámbito del modelado 3D, la textura de un objeto se refiere a su apariencia externa. A través de la configuración de las texturas, es posible establecer su brillo, color, transparencia, índice de refracción, rugosidad, etcétera.

³ Herramientas como 3D Viewer de Google, utilizado en el editor de páginas web Google Web Designer [10], solo permiten manipulaciones básicas (editar color de fondo, cambiar las texturas, agregar etiquetas, etcétera). El Paint 3D [11], incluido por defecto en Windows 10, también está muy limitado. Por ejemplo, no permite establecer las dimensiones exactas (numéricas) de los objetos.

Pero existen alternativas. Una de ellas es la descarga desde repositorios web que ofrecen modelos 3D en formato glTF. Hasta donde saben los autores, Sketchfab [12] es uno de los que poseen mayor variedad. Dentro de esa variedad existe una sección denominada “Electronics & Gadgets” de donde se pueden obtener numerosos dispositivos, circuitos y sistemas. La descarga de dichos modelos es sencilla: solo es necesario registrarse como usuario, seleccionar el modelo a descargar y, finalmente, elegir un formato de descarga (de entre los que, la mayoría de las veces, se encuentra la opción glTF). Sin embargo, muchos de los modelos no son gratuitos, y su calidad⁴ no es uniforme (como es de esperar, los objetos en venta son, en general, los de mayor calidad). Hay otros sitios web que ofrecen gratuitamente objetos 3D pero que no se encuentran en formato glTF –como, por ejemplo, cadnav [13] o grabcad [14]–. En estos casos que hay que recurrir a la conversión de formatos, para lo cual existen incluso herramientas online como AnyConv [15]. Conviene aclarar, sin embargo, que la conversión no siempre es exitosa.

La última opción a considerar es la utilización de programas de modelado 3D que permiten exportar los objetos creados directamente al formato glTF. El más popular, al momento de redactar este artículo, es Blender [16], [17]. Su popularidad se debe, fundamentalmente, a tres factores: es muy versátil (posee un extenso conjunto de herramientas de creación, edición y animación de objetos), es muy potente (permite obtener resultados muy complejos, con una precisión geométrica muy elevada, y con apariencia sorprendentemente realista), y es completamente gratuito. De hecho, en términos de versatilidad y potencia, Blender compete al mismo nivel con otros programas de pago de la misma clase como, por ejemplo, Autodesk 3ds Max [18] o Autodesk Maya [19]. Otra ventaja de Blender es que ofrece diversos modelos 3D, muchos de ellos gratuitos, a través del complemento Blenderkit [17] (cuya base de datos corresponde a la de su sitio web [20]).

Aunque la conversión (a través de la herramienta “exportar”) de objetos 3D de Blender (de extensión blend, [17]) a glTF es eficaz, hay algunos detalles que conviene tener en cuenta. Uno de ellos es el tamaño del fichero obtenido: si el objeto a exportar posee un mallado poligonal o triangular⁵ muy denso (porque el objeto es muy complejo, o porque su diseño no ha sido óptimo), el archivo puede llegar a ocupar espacio en memoria del orden de decenas o cientos de megabytes. Por ello, es muy recomendable la optimización del mallado, que se traduce en la reducción del espacio de almacenamiento necesario tanto del objeto en sí como del fichero de PowerPoint en el que se insertará éste.

Otro detalle a tener en cuenta se refiere a la textura: Blender tiene un extenso abanico de herramientas para configurar tipos de texturas con sus correspondientes configuraciones, pero los objetos glTF utilizan solamente un pequeño conjunto de parámetros⁶. Esto requiere que, en la

conversión de .blend a .glTF, se utilice exclusivamente un tipo de texturizado denominado “Principled BSDF (Bidirectional Scattering Distribution Function)” [17]. Finalmente, resulta también de interés considerar el repositorio Blendswap [21], desde el que se pueden descargar modelos creados con Blender. Estos modelos son totalmente gratuitos y, algunos de ellos, bajo especificaciones de licencia Creative Commons [22].

Con base en lo expuesto anteriormente, en este trabajo se describen posibles modos de obtener, modificar y/o diseñar dispositivos y sistemas electrónicos en formato de objetos 3D con apariencia realista. Se detalla también cómo, posteriormente, estos objetos pueden incluirse en presentaciones o documentos creados para la difusión de contenidos relacionados con dicha temática.

II. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO

La obtención de los modelos virtuales de dispositivos y circuitos electrónicos se ha basado en una doble estrategia. Si el modelo requerido estaba disponible gratuitamente, se ha procedido a su descarga a través de algunos de los repositorios antes citados (con conversión de formato en caso necesario). Todos esos modelos han requerido modificaciones posteriores para mejorar su apariencia (retoques de texturas, suavizado de bordes, corrección de imperfecciones, etc.) o para optimizar el mallado (aumentándolo para evitar el teselado⁷ en superficies que debían ser curvas o reduciéndolo para minimizar el tamaño de almacenamiento del objeto). Estas modificaciones fueron llevadas a cabo con Blender. La segunda estrategia ha consistido en la creación de los modelos desde el inicio, también mediante el uso de Blender, con su posterior conversión a formato glTF o glb, a elección del usuario⁸. En algunos casos se ha aprovechado la versatilidad de este programa para asignar movimientos a los objetos. Esta animación ha permitido, por ejemplo, obtener vistas dinámicas de despieces de dispositivos o circuitos.

Una vez obtenidos estos modelos virtuales, se ha procedido a insertarlos en diversas diapositivas de presentaciones de PowerPoint para su exposición en las correspondientes clases de electricidad y/o electrónica. Estos modelos se han completado con adecuadas descripciones, e incluso con animaciones disponibles a través de las herramientas del propio PowerPoint (en conjunción, en los casos pertinentes, con las animaciones de los propios objetos). En la siguiente sección se muestran diversos ejemplos de ello.

III. RESULTADOS OBTENIDOS

En la Fig. 1 se observan dos modelos virtuales obtenidos siguiendo las estrategias indicadas anteriormente. Tanto los componentes del circuito con transistor (izquierda) como la placa Arduino Uno (derecha), han sido obtenidos de la plataforma Blendswap [21].

⁴ Con calidad nos referimos a la precisión técnica y estética con que se presentan las réplicas de los modelos reales.

⁵ Los objetos tridimensionales virtuales son modelos numéricos que se construyen uniendo superficies planas básicas, como triángulos, rectángulos o polígonos irregulares.

⁶ Requiere tres parámetros: el color base (base color), la rugosidad (roughness), y el metalizado (metallness). También permite que imágenes pixeladas (imágenes tipo bitmap, como fotografías) puedan formar parte de la superficie de los cuerpos. Además, en caso

de aplicar transparencias, se establece un parámetro adicional: la composición alfa (alpha compositing) [5].

⁷ Una baja densidad de triángulos, o polígonos, puede producir un efecto de cortes planos en objetos que debieran tener apariencia suavizada.

⁸ Aunque ambos son equivalentes, la elección suele basarse en la compatibilidad del objeto obtenido, ya que algunas veces si con uno de los formatos se obtienen modelos que contienen errores (textura inadecuada, incorrecciones en la animación, etc.), al pasar al otro formato éstos se corrigen.

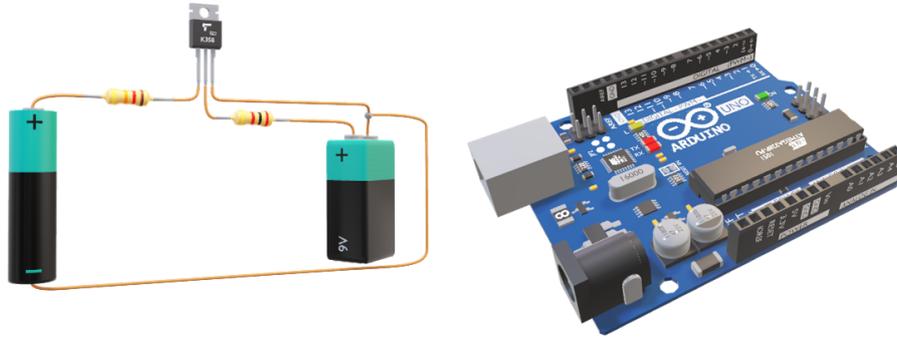


Fig. 1. Izquierda: circuito básico con transistor. Derecha: Arduino Uno. Tanto los componentes (transistor, resistores y pilas), como la placa, han sido inicialmente obtenidos del sitio web Blendswap [23]-[27], para ser luego convenientemente modificados y exportados a glb.

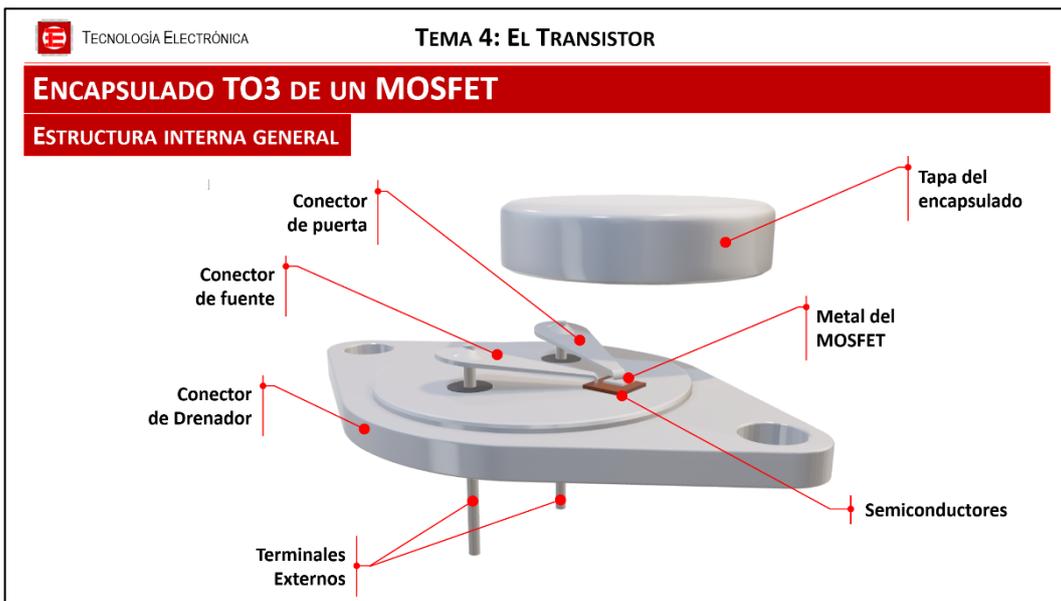


Fig. 2. Despiece de un transistor con encapsulado TO-3 [30] (objeto glb) en una diapositiva de una presentación editada con PowerPoint 365 [3].

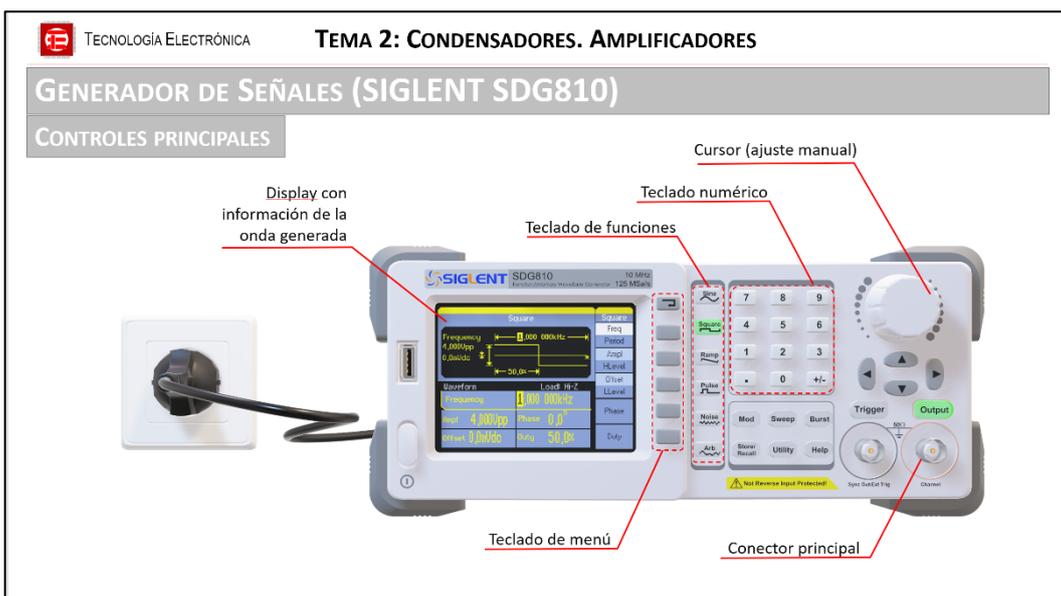


Fig. 3. Generador de señales SIGLENT SDG810 (objeto glb) en una diapositiva de una presentación editada con PowerPoint 365 [3].

Como se ha comentado anteriormente, ha sido necesario modificar estos objetos: se han cambiado sus texturas, para adaptarse mejor al formato glb, y se han depurado sus mallados. El circuito de la izquierda representa una configuración básica de un transistor MOSFET (Canal N, K358 [28]) en conexión de fuente común [29]. En el caso del Arduino (derecha), se han agregado algunos de sus componentes (que no estaban modelados, como los diodos LED, por ejemplo) y modificado la textura de la placa (que consistía en una fotografía adaptada a su superficie).

En la Fig. 2 se observa el despiece de un transistor MOSFET genérico con encapsulado TO3, con etiquetas y conectores descriptivos, utilizado en una clase de Tecnología Electrónica (primer curso de Grado en Ingeniería Informática).

La Fig. 3 contiene la vista principal de un generador de señales SIGLENT SDG810 [31], obtenido por diseño utilizando Blender desde el inicio. Las etiquetas y líneas auxiliares ayudan a indicar las partes principales del panel frontal del instrumento.

En la Fig. 4 se observan dos vistas (lateral y perspectiva) de una puerta "OR" básica diseñada con tres diodos LED. Los modelos básicos de los pulsadores y los LEDs han sido obtenidos de los repositorios Sketchfab [32] y Blendswap [33], respectivamente. Como en casos anteriores, estos objetos han sido convenientemente modificados y transformados a formato glb.

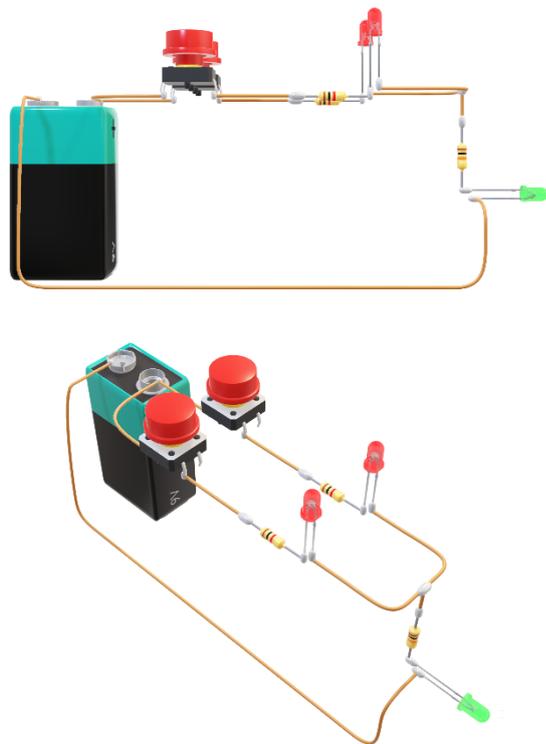


Fig. 4. Dos vistas de un circuito digital básico (puerta OR) utilizando tres diodos LED.

Como se puede observar, los objetos insertados enriquecen notablemente la calidad estética de las diapositivas exhibidas. Pero, además de esta ventaja por despertar un mayor interés en el alumnado, la posibilidad de animar y manipular en directo los modelos permite complementar las explicaciones de un modo muy eficaz.

IV. COMENTARIOS FINALES

La utilización de objetos virtuales para representar dispositivos tecnológicos resulta muy adecuada, ya que da una idea muy clara de cómo se verían en la realidad (incluso interiormente) los componentes, los circuitos y los instrumentos electrónicos. La tridimensionalidad agrega información visual que no es posible reemplazar ni por descripciones verbales ni por esquemas abstractos, lo que constituye una ventaja, indudablemente.

Las técnicas de diseño y edición de objetos glTF/glb descritas en este trabajo tienen un alcance ilimitado, aunque es necesario comentar dos puntos que pueden ser restrictivos para el uso de esta técnica. Uno de ellos es la necesidad de invertir tiempo para adquirir experiencia suficiente en el uso de las herramientas, máxime si se busca obtener unos resultados tan elaborados. La pendiente de la curva de aprendizaje de Blender es muy ascendente, y eso se ve incrementado por el aprendizaje, en paralelo, del editor de presentaciones. A esto hay que agregar el tiempo de elaboración (o edición si se obtienen de repositorios) de los modelos en sí.

Como objetivo a corto plazo, los autores se encuentran actualmente preparando un catálogo online de modelos 3D de diversos elementos (componentes, circuitos, instrumental y placas) eléctricos y electrónicos, que serán presentados con diversas descripciones y detalles técnicos que, pensamos, resultará muy útil para la comunidad científico-técnica que trabaja en este campo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por la Xunta de Galicia (proyectos ED431C 2020/15, ED431C 2021/30 y ED431G 2019/01 para el apoyo del Centro de Investigación de Galicia "CITIC"), la Agencia Estatal de Investigación de España (proyectos RED2018-102668-T y PID2019-104958RB-C42) y fondos ERDF de la UE (FEDER Galicia 2014-2020 y Programas AEI/FEDER).

REFERENCIAS

- [1] FreeCAD, <https://www.freecadweb.org/> (acceso: 12/05/22).
- [2] Openscad, <https://openscad.org/> (acceso: 12/05/22).
- [3] Microsoft, "Ayuda y aprendizaje de PowerPoint," <https://support.microsoft.com/es-es/powerpoint> (acceso: 12/05/22).
- [4] Susskind, J. E. (2005), "PowerPoint's Power in the Classroom: Enhancing Students' Self-efficacy and Attitudes", *Computers and Education*, 45(2). <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2004.07.005>.
- [5] Khronos Group, "glTF.," <https://www.khronos.org/glTF/> (acceso: 12/05/22).
- [6] Wikipedia, "GIF." <https://es.wikipedia.org/wiki/GIF> (acceso: 12/05/22).
- [7] G. Szauer, *Hands-On C++ Game Animation Programming*, Packt Publishing, 2020.
- [8] Wikipedia, "JSON." <https://es.wikipedia.org/wiki/JSON> (acceso: 12/05/22).
- [9] L. Bassett, *Introduction to JavaScript Object Notation*, O'Rely Media, 2015.
- [10] Google, "Web Designer." <https://webdesigner.withgoogle.com/> (acceso: 12/05/22).

- [11] Wikipedia, "Paint 3D.", https://es.wikipedia.org/wiki/Paint_3D (acceso: 12/05/22).
- [12] Sketchfab, "Sketchfab.", <https://sketchfab.com/> (acceso: 12/05/22).
- [13] Cadnav, "Cadnav." <https://www.cadnav.com/> (acceso: 12/05/22).
- [14] Grabcad, "Grabcad." <https://grabcad.com/library> (acceso: 12/05/22).
- [15] Anyconv, "Anyconv." <https://anyconv.com/es/> (acceso: 12/05/22).
- [16] Blender Foundation, "Blender." <https://www.blender.org/> (acceso: 17/03/2022).
- [17] G. Moioli, *Introduction to Blender 3.0: learn organic and architectural modeling, lighting, materials, painting, rendering, and compositing with Blender*, APress, 2022.
- [18] Autodesk, "Autodesk 3ds Max." <https://www.autodesk.es/products/3ds-max/overview?term=1-YEAR&tab=subscription&plc=3DSMAX> (acceso: 12/05/22).
- [19] Autodesk, "Autodesk Maya." <https://www.autodesk.es/products/maya/overview?term=1-YEAR&tab=subscription&plc=MAYA> (acceso: 12/05/22).
- [20] Blenderkit, "Blenderkit", <https://www.blenderkit.com/> (acceso: 12/05/22).
- [21] Blendswap, "Blendswap." <https://www.blendswap.com> (acceso: 12/05/22).
- [22] Creative Commons, "Creative Commons." <https://creativecommons.org/> (acceso: 12/05/22).
- [23] Luciano11, "BO-220 Mosfet Transistor.", <https://www.blendswap.com/blend/18631> (acceso: 12/05/22).
- [24] Someone, "Resistor.", <https://www.blendswap.com/blend/3485> (acceso: 12/05/22).
- [25] Struffel, "Customizable 9V Battery.", <https://www.blendswap.com/blend/18221> (acceso: 12/05/22).
- [26] JohnsonMartin, "Battery.", <https://www.blendswap.com/blend/10355> (acceso: 12/05/22).
- [27] CrimsonFalcon, "Arduino Uno.", <https://www.blendswap.com/blend/15897> (acceso: 12/05/22).
- [28] Alldatasheet, "K358 Transistor Datasheet.", <https://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=K358&sField=3> (acceso: 12/05/22).
- [29] K. Mehta, *Principles of Electronics*, S. Chand & Company LTD, 2007.
- [30] Wikipedia, "TO-3.", <https://es.wikipedia.org/wiki/TO-3> (acceso: 12/05/22).
- [31] Siglent, "Siglent SDG810 Arbitrary Waveform Generator.", <https://www.siglenteu.com/waveform-generators/sdg800-series-functionarbitrary-waveform-generators> (acceso: 12/05/22).
- [32] J. Hamel-Smith, "Omron B3F Tactile Switch with Circular Cap." <https://sketchfab.com/3d-models/omron-b3f-tactile-switch-with-circular-cap-8b17f8f7a61948d8918661869da61e0a> (acceso: 12/05/22).
- [33] SonySee, "Light Emitting Diode-LED." <https://www.blendswap.com/blend/11151> (acceso: 12/05/22).