

Prototipo de un simulador de circuitos básicos de electrónica digital utilizando la realidad aumentada a través de un dispositivo móvil.

Trabajo Terminal No. 2019 – B030

Alumnos: [Castillo Hernández Alejandro, Lara Delgado Edgar Alexis, Soria Zúñiga Osvaldo Said]*

Directores: [Cifuentes Álvarez Alejandro Sigfrido, Téllez Barrera Juan Carlos]

e-mail: saaid.sorzu@gmail.com

Resumen – El presente Trabajo Terminal propone el desarrollo de un prototipo de simulador de circuitos básicos de electrónica digital para dispositivos móviles, implementando nuevas tecnologías como la realidad aumentada, que a través de la cámara del teléfono inteligente, capte la simbología específica de cada componente de los diferentes circuitos, en tarjetas de reconocimiento a través del uso de la visión artificial, desplegando en la pantalla del teléfono el modelo superpuesto en tiempo real, de los mismos dentro de nuestra realidad (RA), permitiendo al usuario interactuar y modificar sus parámetros, además de brindar la posibilidad de modificar de manera modular los diferentes circuitos preestablecidos en la aplicación.

Palabras clave – Realidad Aumentada, Dispositivo Móvil, Simulación, Electrónica Digital, Image Targets.

1. Introducción

En la actualidad, la realidad aumentada, es una tecnología que puede ser aplicada en muchas áreas, una de ellas es el ámbito educativo, donde constantemente se busca incorporar nuevas tecnologías que potencialicen el proceso de enseñanza-aprendizaje [1].

La realidad aumentada es una tecnología que recolecta información que se obtiene observando el entorno a través de una cámara para después ser procesado como gráficos de computadora súper posicionado en el mundo real.

En telepresencia, el propósito fundamental es para ampliar las instalaciones del motor sensorial del operador y habilidades para resolver problemas en un entorno remoto. En este sentido, la telepresencia puede ser definido como un sistema humano / máquina en el que el operador humano recibe suficiente información sobre el teleoperador y la tarea entorno, visualizado de forma suficientemente natural, para que el operador se sienta físicamente presente en el sitio remoto. Muy similar a la realidad virtual, en la que pretendemos lograr la ilusión de presencia dentro de un entorno simulado.

La realidad aumentada hace uso de diferentes técnicas y recursos para enriquecer la experiencia del usuario, entre ellos, se utilizan *image target* [2], que consisten en archivos de imágenes que contienen información que será desplegada por la herramienta de realidad aumentada.

La realidad aumentada aborda dos problemas principales con la colaboración: integración perfecta con los existentes herramientas y prácticas, y mejorar la práctica mediante el apoyo a actividades remotas y compartidas que de otro modo serían imposibles. Los sistemas de colaboración de realidad aumentada se han construido utilizando proyectores, pantallas de mano y de cabeza. Mediante el uso de proyectores para aumentar las superficies en un entorno colaborativo, usuarios no están grabados, pueden verse los ojos, y están garantizados para ver los mismos aumentos.

Ejemplos de sistemas con realidad aumentada colaborativos que usan las pantallas transparentes incluyen tanto aquellas que use pantallas portátiles transparentes y pantallas transparentes.

Dada la capacidad de la tecnología de realidad aumentada la utilizaremos para implementar un sistema que procese la imagen de una tarjeta, a un modelo visualizado en 3D de los componentes de circuitos básicos.

Estado del Arte

Actualmente, en el mercado existen 3 proyectos que tienen una funcionalidad similar a la propuesta en el presente Trabajo Terminal:

- AR Circuits 4D
- Simulador de Circuitos utilizando realidad aumentada: ESPOL
- AR Circuits

La Tabla 1, que se encuentra al final del documento, muestra un resumen de las características y precios de los sistemas mencionados.

2. Objetivo

Objetivo General

Desarrollar un prototipo de un simulador de circuitos básicos de electrónica digital llevado al ambiente de la realidad aumentada, con el fin de dar una herramienta de apoyo al aprendizaje de estudiantes, de las materias de sistemas digitales y a personas que estén interesadas en el desarrollo y diseño de circuitos digitales.

Objetivos Específicos

- Crear interfaz intuitiva para la visualización de los circuitos en la realidad aumentada.
- Usar la cámara del dispositivo como medio para interactuar con la realidad aumentada.
- Implementar el procesamiento de *image target* a través de la visión artificial.
- Traducir la tarjeta con *image target* a los componentes en 3D.
- Creación de módulos con circuitos básicos de electrónica digital.
- Permitir la interacción con los circuitos cambiando los parámetros de estos y simulando su aplicación.
- Mostrar la interacción de los distintos módulos de circuitos.
- Creación de diseños de circuitos por parte del usuario a partir de los módulos básicos.
- Documentar el trabajo a realizar.

3. Justificación

Los simuladores de circuitos electrónicos hoy en día son de gran utilidad para poder ejemplificar de mejor manera el comportamiento de estos de una forma más asequible, el uso de las simulaciones para explicar los temas de las unidades de aprendizaje de electrónica o fundamentos de diseño digital es imprescindible, al ser una forma más sencilla y rápida de comprobar el funcionamiento de un circuito. Las materias de electrónica y sistemas digitales forman parte fundamental de la formación de alumnos en diversas carreras de ingeniería en la rama fisicomatemática, teniendo como pilares la teoría del funcionamiento de los elementos digitales básicos y, la realización de prácticas para reforzar los conocimientos adquiridos en clase.

Para poder realizar estas prácticas es necesario adquirir diversos materiales elementales como circuitos integrados, cable para conexiones, resistencias, tablillas de prueba (protoboards), pinzas, además del uso de instrumentos de medición y diversas fuentes de alimentación, lo cual representa un gasto considerable; Si por algún motivo llegan a dejar de funcionar, por defectos de fabricación o por daños producidos por su mal uso es otro gasto adicional, por lo que con el uso de un simulador no se necesitará ningún tipo de material extra.

Hoy en día hay una gran variedad de simuladores de circuitos disponibles en el mercado y de fácil manejo como por ejemplo Proteus o Eagle, que cuentan con múltiples y útiles funcionalidades para la simulación y pruebas de circuitos, pero estas opciones están limitadas al uso en una computadora además de tener un costo para poder adquirir la licencia de uso, por lo que se plantea desarrollar nuevas alternativas que sean más asequibles para todo aquel que desee tener una herramienta que le ayude en su aprendizaje de electrónica apoyándose en las nuevas tecnologías.

La realidad aumentada se ha ido desarrollando desde la década de los años 90s siempre con el objetivo de tener un apoyo de algo virtual dentro de nuestra realidad de modo visual, ha aportado diversas contribuciones en diferentes áreas de conocimiento, pero al ser una tecnología relativamente nueva, aún tiene muchas nuevas e innovadoras aplicaciones. Por lo que el presente trabajo terminal pretende desarrollar un prototipo de un simulador de circuitos básicos de electrónica digital, que haga uso de esta tecnología emergente, promoviendo un estilo de aprendizaje visual, a través de la implementación de la realidad aumentada, permitiendo ilustrar de forma superpuesta modelos virtuales en 3D en la realidad, a través de la pantalla de un teléfono inteligente mostrando así los componentes electrónicos digitales, fuentes de alimentación e instrumentos de medición de una forma gráfica y rápida de entender.

Además de contar con animaciones en tiempo real de las interacciones entre componentes de los circuitos, difíciles de ser medidas experimentalmente, como por ejemplo obtener lecturas de voltajes y corrientes de varios elementos a la vez, por supuesto no se pretende que este prototipo de simulador de realidad virtual, sea una alternativa al montaje real de los circuitos, sino que funja como una herramienta complementaria que ayude a comprender mejor el funcionamiento y diseño de los mismos, además de ser de fácil acceso pues se pretende que funcione en una amplia gama de teléfonos inteligentes sin importar el sistema operativo que estos tengan.

4. Productos o Resultados esperados

- Integración de la realidad aumentada con el dispositivo móvil
- Tarjetas de Realidad Aumentada
- Aplicación de usuario
- Documentación del trabajo

5. Metodología

Para el desarrollo de este trabajo terminal se utilizará Scrum, el cual es un proceso de gestión que reduce la complejidad en el desarrollo de productos para satisfacer las necesidades de los clientes. La gerencia y los equipos de año trabajan juntos alrededor de requisitos y tecnologías para entregar productos funcionando de manera incremental usando el empirismo.

Scrum es un marco de trabajo simple que promueve la colaboración en los equipos para lograr desarrollar productos complejos. Ken Schwaber y Jeff Sutherland [8] explican Scrum de manera clara y simple.

Scrum es simple, no es una gran colección de partes y componentes obligatorios definidos de manera prescriptiva. Scrum está basado en un modelo de proceso empírico. con respeto a las personas y basado en la autoorganización de los equipos para lidiar con lo imprevisible y resolver problemas complejos inspeccionando y adaptando continuamente. El siguiente gráfico representa Scrum como lo describen Ken Schwaber y Jeff Sutherland.

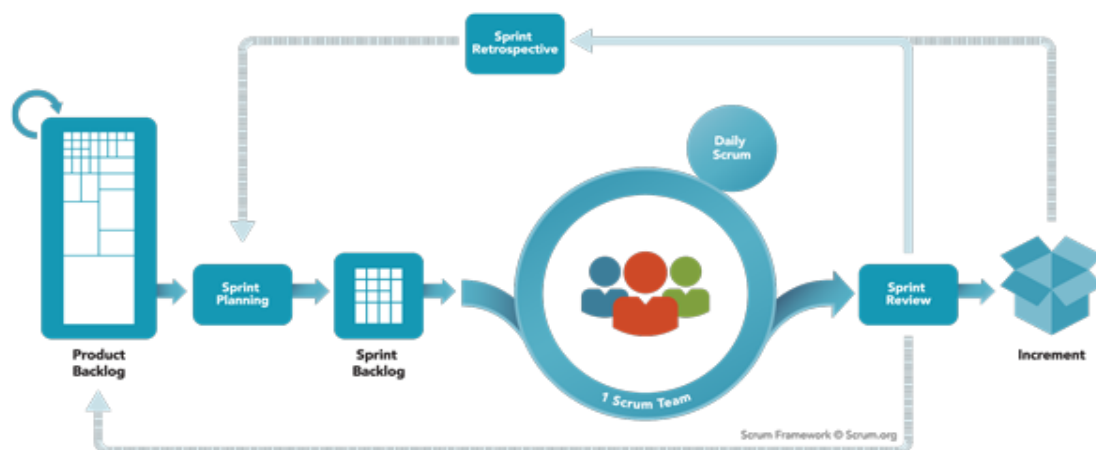


Figura 1. SCRUM. Recuperado de scrum.org

Los eventos de Scrum se utilizan para minimizar la necesidad de reuniones no definidas en Scrum y establecer una cadencia que permita al equipo fomentar la comunicación y colaboración reduciendo el tiempo en reuniones extensas además de reducir los procesos restrictivos y predictivos. Todos los eventos tienen una caja de tiempo. Una vez que se inicia un Sprint este tiene una duración fija y no se puede acortar o alargar. Los siguientes eventos pueden terminar siempre que se logre el propósito del evento, pero dentro de la caja de tiempo y asegurando el fomento de la transparencia. Scrum tiene los siguientes eventos:

- Sprint
- Sprint Planning
- Daily Scrum
- Sprint Review
- Sprint Retrospective

Los artefactos definidos por Scrum están específicamente definidos para fomentar la transparencia de la información de tal manera que todos tengan el mismo entendimiento de lo que se está llevando a cabo a través de los artefactos. Los artefactos Scrum son:

- Product Backlog
- Sprint Backlog
- Increment

Utilizaremos Scrum, ya que nos permite crear Sprints, que son ciclos breves con diferentes fases, y que al final de cada ciclo se acuerda una fecha para una versión de producto deseado. Al tratarse de una versión, el cierre no indica la finalización del proyecto, sino que habrá un mantenimiento constante para que el producto final sea el óptimo.

6. Cronograma

Anexado al final del documento.

7. Referencias

- [1] Blázquez Sevilla, A., & Universidad Politécnica de Madrid. (2017). Realidad Aumentada en Educación. Recuperado 3 septiembre, 2019, de http://oa.upm.es/45985/1/Realidad_Aumentada_Educacion.pdf
- [2] Vuforia Developer Library. (s.f.). Image Targets. Recuperado 3 septiembre, 2019, de <https://library.vuforia.com/content/vuforia-library/en/articles/Training/Image-Target-Guide.html>
- [3] Arvanitis, T. N., Petrou, A., Knight, J. F., Savas, S., Sotiriou, S., Gargalakos, M., & Gialouri, E. (2009). Human factors and qualitative pedagogical evaluation of a mobile augmented reality system for science education used by learners with physical disabilities. *Personal and ubiquitous computing*, 13(3), 243-250.
- [4] Dunleavy, M., Dede, C., & Mitchell, R. (2009). Affordances and limitations of immersive participatory augmented reality simulations for teaching and learning. *Journal of science Education and Technology*, 18(1), 7-22.
- [5] Liu, P. H. E., & Tsai, M. K. (2013). Using augmented-reality-based mobile learning material in EFL English composition: An exploratory case study. *British Journal of Educational Technology*, 44(1), E1-E4.
- [6] Caudell, T. P., & Mizell, D. W. (1992, January). Augmented reality: An application of heads-up display technology to manual manufacturing processes. In *Proceedings of the twenty-fifth Hawaii international conference on system sciences* (Vol. 2, pp. 659-669). IEEE
- [7] Yang, M., & Liao, W. (2014, abril). Computer-Assisted Culture Learning in an Online Augmented Reality Environment Based on Free-Hand Gesture Interaction. Recuperado 3 septiembre, 2019, de <https://ieeexplore.ieee.org/document/6750035?arnumber=6750035>
- [8] Schwaber, K., & Sutherland, J. (2016, julio). La Guía Definitiva de Scrum: Las Reglas del Juego. Recuperado 29 octubre, 2019, de <https://www.scrumguides.org/docs/scrumguide/v2016/2016-Scrum-Guide-Spanish.pdf#zoom=100>
- [9] Arkids Cards. (2015). Circuit Engineering. Recuperado 6 noviembre, 2019, de <http://arkids.cards/arcircuits-en>
- [10] Vaca, D. (2017). Simulador de circuitos utilizando realidad aumentada | FIEC. Recuperado 6 noviembre, 2019, de <https://www.fiec.espol.edu.ec/es/simulador-de-circuitos-utilizando-realidad-aumentada>
- [11] AR Circuits. (2018). AR Circuits App. Recuperado 6 noviembre, 2019, de <http://arcircuits.com>

8. Alumnos y directores

Castillo Hernández Alejandro. - Alumno de la carrera de Ing. en Sistemas Computacionales en ESCOM, Especialidad Sistemas, Boleta: 2014010170, Tel. 55 1275 4062, email ilarcastillo@gmail.com

Firma: _____

Lara Delgado Alexis. - Alumno de la carrera de Ing. en Sistemas Computacionales en ESCOM, Especialidad Sistemas, Boleta:2013030590, Tel. 55 8600 9118, email alexislaradelgado@gmail.com

Firma: _____

Soria Zúñiga Osvaldo Said. - Alumno de la carrera de Ing. en Sistemas Computacionales en ESCOM, Especialidad Sistemas, Boleta: 2014011118, Tel. 55 3248 0631, email saaid.sorzu@gmail.com

Firma: _____

Cifuentes Álvarez Alejandro Sigfrido. - Ingeniero electrónico en comunicaciones. Maestría en Ingeniería de Sistemas Computacionales, con especialidad en manejo de grandes volúmenes de información. Investigación en cómputo móvil e inteligencia artificial. Tel. 55 6610 9357 email avionical@yahoo.com.mx

Firma: _____

Téllez Barrera Juan Carlos. - Ingeniero en comunicaciones y electrónica, especialidad en electrónica. Maestría en Docencia. Tel. 55 2421 4410 email tellezgcarlos@gmail.com

Firma: _____

CARÁCTER: Confidencial
FUNDAMENTO LEGAL: Art. 3, fracc. II, Art. 18, fracc. II y Art. 21, lineamiento 32, fracc. XVII de la L.F.T.A.I.P.G.
PARTES CONFIDENCIALES: No. de boleta y Teléfono.

TURNOS PARA LA PRESENTACIÓN DEL TRABAJO TERMINAL:

Producto o Sistema	Descripción	Características	Precio	Estado Actual
AR Circuits 4D	Es una aplicación móvil que utiliza tarjetas para simular circuitos de física básica [9].	<ul style="list-style-type: none"> Pequeñas fichas que se pueden imprimir. Variación de parámetros. Muestra información del voltaje. 	La aplicación se puede descargar de forma gratuita, pero tiene compras en la aplicación de \$40.00 - \$59.00 por elemento.	La aplicación sigue disponible en App Store y Play Store, pero no reciben actualizaciones desde diciembre de 2018 y junio de 2018, respectivamente.
Simulador de Circuitos utilizando realidad aumentada: ESPOL	Es una aplicación móvil para la simulación de circuitos eléctricos en un ambiente de realidad aumentada, orientado a estudiantes de ingeniería eléctrica, electrónica y afines [10].	<ul style="list-style-type: none"> Pequeñas fichas que simulan resistencias y fuentes de voltaje. Se crea un circuito eléctrico virtual y despliega los valores de voltaje y corriente a través de cada elemento. 	Sin información.	Fue desarrollado por un docente en el 2017 en la Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación (ESPOL).
AR Circuits	Permite construir circuitos empleando tarjetas de papel que representan distintos componentes eléctricos, los que cobran vida cuando son observados a través del teléfono donde corre la aplicación móvil [11].	<ul style="list-style-type: none"> Contiene un conjunto de componentes disponibles para simular. Para utilizarlos, hay que imprimir las tarjetas, que se pueden descargar desde la misma página de la aplicación. Algunos elementos tienen parámetros variables. El pulsador y el interruptor son interactivos. 	Cuando la aplicación estaba disponible, tenía un costo de \$20.00	La empresa sigue existiendo, su página web funciona, pero la aplicación ya no está disponible.
Trabajo Terminal 2019 – B030 (Solución propuesta)	Es una aplicación móvil que captará el modelo de un circuito básico de electrónica digital, a través de una tarjeta de reconocimiento, la cual desplegará en la pantalla de nuestro dispositivo el modelo en 3D. Permitiendo la interacción con el circuito y simulando la aplicación del circuito.	<ul style="list-style-type: none"> Interfaz intuitiva. Creación de tarjetas de reconocimiento con nuevos modelos. Interacción de las tarjetas, simulando un nuevo circuito. Permite al usuario hacer sus propios diseños. Interacción con los circuitos, variación de parámetros. Simulación del circuito mostrando información de los componentes. 	La aplicación será gratuita, teniendo como base los circuitos básicos de electrónica digital. Existirá una versión de paga en la que el usuario podrá generar sus propios diseños.	Se encuentra en desarrollo.

Tabla 1. Estado del Arte.

Nombre del alumno(a): Castillo Hernández Alejandro

TT No.: 2019 – B030

Título del TT: Prototipo de un simulador de circuitos básicos de electrónica digital utilizando la realidad aumentada a través de un dispositivo móvil.

Actividad	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Investigación de la herramienta de visión artificial											
Selección de la herramienta de visión artificial											
Búsqueda del algoritmo de detección de objetos											
Implementación del algoritmo a las image target											
Integración de la herramienta de visión artificial											
Primeras pruebas de la herramienta de visión artificial											
Investigación de modelos de componentes electrónicos básicos de electrónica digital											
Investigación para la creación de simulador de circuitos electrónicos básicos											
Evaluación de TT I											
Análisis y diseño del algoritmo de captura de componentes											
Reconocimiento del modelo del componente, a través de una superficie											
Integración del código de RA en la aplicación móvil											
Implementación de las animaciones de los componentes											
Implementación del algoritmo para la interacción entre las image target para crear nuevos componentes											
Pruebas unitarias de la aplicación											
Pruebas de integración											
Generación de reporte técnico											
Evaluación de TT II											

Figura 2. Diagrama de Gantt

Nombre del alumno(a): Lara Delgado Edgar Alexis

TT No.: 2019 – B030

Título del TT: Prototipo de un simulador de circuitos básicos de electrónica digital utilizando la realidad aumentada a través de un dispositivo móvil.

Actividad	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Investigación de las herramientas de visión artificial											
Selección de la herramienta de visión artificial											
Diseño de la interfaz de la aplicación móvil											
Creación de primeras tarjetas de reconocimiento (manual)											
Integración de la herramienta de visión artificial											
Primeras pruebas de la herramienta de visión artificial											
Investigación de modelos de componentes de electrónica digital básicos											
Investigación para la creación de simulador de circuitos de electrónica digital básicos											
Evaluación de TT I											
Análisis y diseño del algoritmo de captura de componentes											
Reconocimiento del modelo del componente, a través de una superficie											
Estimación homográfica											
Proyectar y dibujar modelos											
Implementación del algoritmo para interacción de componentes											
Pruebas unitarias de la aplicación											
Pruebas de integración											
Generación de reporte técnico											
Evaluación de TT II											

Figura 3. Diagrama de Gantt

Nombre del alumno(a): Soria Zúñiga Osvaldo Said

TT No.: 2019 – B030

Título del TT: Prototipo de un simulador de circuitos básicos de electrónica digital utilizando la realidad aumentada a través de un dispositivo móvil.

Actividad	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Investigación de la herramienta de visión artificial											
Selección de la herramienta de visión artificial											
Configuración de la herramienta de visión artificial											
Creación de primeras tarjetas de reconocimiento (manual)											
Integración de la herramienta de visión artificial											
Primeras pruebas de la herramienta de visión artificial											
Investigación de modelos de componentes electrónicos básicos											
Investigación para la creación de simulador de circuitos electrónicos básicos											
Evaluación de TT I											
Análisis y diseño del algoritmo de captura de componentes											
Reconocimiento del modelo del componente, a través de una superficie											
Maquetado de la interfaz de la aplicación móvil											
Proyectar y dibujar modelos											
Implementación del algoritmo para interacción de superficies											
Pruebas unitarias de la aplicación											
Pruebas de integración											
Generación de reporte técnico											
Evaluación de TT II											

Figura 4. Diagrama de Gantt

En la Tabla 2, se describen de forma más extensa las actividades a realizar a lo largo del Trabajo Terminal

Actividad	Descripción
Investigación de la herramienta de visión artificial	Documentarse sobre las distintas herramientas de realidad virtual que existen en la actualidad, profundizando en las diferentes características de cada una de ellas, teniendo como un criterio de selección prioritario que la herramienta sea multiplataforma.
Selección de la herramienta de visión artificial	Teniendo en cuenta todas las opciones investigadas, con apoyo de un cuadro comparativo de ventajas y desventajas de cada una de las tecnologías, elegir la que más se adecue a nuestras necesidades de acuerdo con lo propuesto en este documento.
Configuración de la herramienta de visión artificial	Ya familiarizados con la herramienta seleccionada, adaptar su abanico de opciones para que sirva como pilar para el desarrollo de nuestro prototipo.
Creación de primeras tarjetas de reconocimiento (manual)	Desarrollar y asociar los símbolos que corresponderán a cada modelo que se mostrará en el prototipo de simulador.
Integración de la herramienta de visión artificial	Implementar la herramienta de con la que usaremos visión artificial a la aplicación.
Primeras pruebas de la herramienta de visión artificial	Con un prototipo inicial y con los primeros modelos de prueba desarrollados, comprobar que se lleve a cabo el reconocimiento de las imágenes grabadas en las tarjetas, a través de la cámara del dispositivo y se muestren los modelos virtuales de los circuitos en la pantalla del teléfono inteligente.
Investigación de modelos de componentes básicos de sistemas digitales	Teniendo como punto de partida la búsqueda en las diferentes fuentes bibliográficas de las materias de sistemas digitales impartidas en la ESCOM, pero no limitándose a ellas, listar y seleccionar un conjunto de los circuitos más utilizados en dichas unidades de aprendizaje para determinar el catálogo inicial de circuitos digitales con el que contara nuestro prototipo.
Investigación para la creación del simulador de circuitos básicos de electrónica digital	Buscar en documentación y bibliografía todo lo referente al comportamiento, parámetros y configuraciones de cada uno de los circuitos de electrónica digital seleccionados para su buen funcionamiento dentro de prototipo de simulador además de diseñar el aspecto visual de cada uno de los elementos de los diferentes circuitos, apoyándonos con una herramienta de modelado 3D.

Tabla 2.1. Descripción de Actividades.

Actividad	Descripción
Análisis y diseño del algoritmo de captura de componentes	Análisis y diseño del algoritmo de visión artificial que hará captura de la imagen traduciéndola en el modelo del componente desplegándose en la pantalla del teléfono.
Reconocimiento del modelo del componente, a través de una superficie	Prueba de la herramienta de visión artificial para captar la imagen y refleje un modelo 3D en la pantalla del teléfono.
Maquetado de la interfaz de la aplicación móvil	Organizar gráficamente las páginas del prototipo de simulador, distribuyendo los distintos elementos que van a formar parte de ellas, dando formato, a partir del diseño inicial, para que las interfaces del prototipo sean más intuitivas y amigables con el usuario.
Proyectar y dibujar modelos	Mostrar de manera correcta de acuerdo con lo diseñado, el modelo superpuesto en tiempo real en la pantalla del teléfono de cada uno de los circuitos con los que contará el prototipo.
Implementación de las animaciones de los componentes	Además de visualizar los modelos en 3D en realidad aumentada de los circuitos, el prototipo de simulador también debe mostrar las distintas interacciones entre ellos, como el flujo de energía que corre por los circuitos, el voltaje y la cantidad de corriente en cada uno de ellos.
Implementación del algoritmo para la interacción entre las image target para crear nuevos componentes	Diseño del algoritmo para el caso en que el usuario quiera unir dos módulos pueda visualizarlos correctamente y cambiar sus parámetros.
Pruebas unitarias de la aplicación	Asegurar que cada unidad funcione correcta y eficientemente por separado. Además de verificar que el código hace lo que tiene que hacer, verificar que sea correcto el nombre y tipo de los parámetros, el tipo de lo que se devuelve, que, si el estado inicial es válido, entonces el estado final es válido también.
Pruebas de integración	Realizadas satisfactoriamente las pruebas unitarias, comprobar que todos los elementos que forman parte del software funcionen correctamente en conjunto. Centrar la atención en probar la correcta comunicación entre los componentes que conforman el sistema.

Tabla 2.2. Descripción de Actividades.