

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

“DESARROLLO DE SOFTWARE PARA LAS PRACTICAS VIRTUALES DEL LABORATORIO DE SENSORES Y TRANSDUCTORES”

**IMPLEMENTACIÓN DE DOS PRACTICAS VIRTUALES PARA EL
LABORATORIO DE SENSORES Y TRANSDUCTORES RELACIONADAS
CON LOS SENSORES DE PRESENCIA MEDIANTE SOFTWARE
INTERACTIVO.**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

GABRIEL IGNACIO SALAZAR MENDIZÁBAL

gabriel.salazar02@epn.edu.ec

DIRECTOR: ANA VERÓNICA RODAS BENALCÁZAR, MBA

ana.rodas@epn.edu.ec

DMQ, agosto 2023

CERTIFICACIONES

Yo, Gabriel Ignacio Salazar Mendizábal declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Gabriel Ignacio Salazar Mendizábal

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por Gabriel Ignacio Salazar Mendizábal, bajo mi supervisión.

ANA VERÓNICA RODAS BENALCÁZAR, MBA
DIRECTOR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

GABRIEL IGNACIO SALAZAR MENDIZÁBAL

ANA VERÓNICA RODAS BENALCÁZAR, MBA

DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado a todas las personas que han intervenido de alguna forma en mi formación profesional. A los contados maestros que ejercen su carrera por vocación y logran compartir el conocimiento que han adquirido en sus vidas contribuyendo a la formación de los jóvenes. A todos los compañeros que he tenido durante la carrera con quienes he compartido tanto experiencias asombrosas como experiencias desagradables. Y especialmente a mi madre Mily, quien desde mi infancia me ha inculcado que la educación es fundamental en la vida y que, desde el inicio de mi carrera hasta el día de hoy, no ha perdido su fe y cariño en mí.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres Mario y Mily, quienes me han apoyado incondicionalmente a lo largo de esta etapa de mi vida. Su apoyo moral ha sido fundamental para que logre terminar la carrera con éxito.

A mis hermanos Melissa, Mily Alejandra y Mario Enrique quienes han sido un pilar en mi crecimiento personal y un verdadero ejemplo a seguir.

A mis amigos Alfonso y Fausto, con quienes hemos compartido los últimos semestres de la carrera superando retos cada vez más difíciles.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO	V
RESUMEN.....	VII
ABSTRACT	VIII
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	1
1.2 OJETIVOS ESPECÍFICOS	2
1.3 ALCANCE	2
1.4 MARCO TEÓRICO	3
1.4.1 SENSOR INDUCTIVO.....	3
1.4.2 SENSOR CAPACITIVO	4
1.4.3 SENSOR FOTOELÉCTRICO	4
1.4.4 RELÉ	5
1.4.5 ENTORNO DE DESARROLLO DE VIDEOJUEGOS UNITY.....	6
1.4.6 SOFTWARE AUTOCAD 3D	6
2 METODOLOGÍA	7
2.1 CREACIÓN DE PIEZAS EN 3D.....	9
2.1.1 SENSOR DE PRESENCIA INDUCTIVO.....	9
2.1.2 MÓDULO DE RELÉS	11
2.1.3 FOCO.....	12
2.1.4 BLOQUES DE MATERIALES.....	12
2.1.5 CABLES	14
2.1.6 TOMACORRIENTE	14
2.1.7 BANDA TRANSPORTADORA.....	15

2.2	ENTORNO DE LA PRÁCTICA “SENSOR DE PRESENCIA INDUCTIVO”	16
2.2.1	CIRCUITO	17
2.2.2	ESTRUCTURA	20
2.2.3	DATASHEET	21
2.2.4	FUNCIONAMIENTO	21
2.2.5	INFORMACIÓN	23
2.3	ENTORNO DE LA PRÁCTICA “APLICACIÓN DE LOS SENSORES DE PRESENCIA”	24
2.3.1	SENSOR FOTOELÉCTRICO	25
2.3.2	SENSOR CAPACITIVO	26
2.3.3	FUNCIONAMIENTO	27
2.3.4	INFORMACIÓN	28
3	RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	30
3.1	RESULTADOS	30
3.1.1	PREGUNTA 1.....	31
3.1.2	PREGUNTA 2.....	32
3.1.3	PREGUNTA 3.....	33
3.1.4	PREGUNTA 4.....	34
3.1.5	PREGUNTA 5.....	35
3.1.6	PREGUNTA 6.....	36
3.1.7	PREGUNTA 7.....	37
3.1.8	PREGUNTA 8.....	38
3.1.9	PREGUNTA 9.....	39
3.1.10	PREGUNTA 10.....	39
3.2	CONCLUSIONES	40
3.3	RECOMENDACIONES.....	40
4	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	41

RESUMEN

El presente trabajo se enfoca en el desarrollo de un entorno virtual interactivo para los estudiantes de la materia de Sensores y Transductores de la Escuela Politécnica Nacional. El entorno virtual ha sido desarrollado como un complemento al laboratorio físico de la universidad, el mismo que permite conocer y explorar la estructura y funcionamiento de los sensores de presencia.

Para el desarrollo del entorno virtual se han utilizado herramientas de diseño en 3D como AutoCAD 3D, y el motor de desarrollo de videojuegos Unity3D. Estas herramientas se han aprovechado para crear las herramientas necesarias para una práctica de laboratorio y para crear una interfaz amigable e intuitiva en la cual los estudiantes puedan descubrir y reforzar sus conocimientos.

En este trabajo se han desarrollado dos prácticas de laboratorio orientadas a los sensores de presencia. La primera práctica permitirá al usuario conocer la estructura, el principio de funcionamiento y los tipos de conexiones de un sensor de presencia inductivo. Mientras que la segunda práctica está orientada a dar a conocer una aplicación de los sensores de presencia en la industria.

Finalmente se obtiene resultados gracias a la participación de 39 estudiantes de la Escuela Politécnica Nacional que hayan aprobado previamente la materia de Sensores y Transductores, quienes proporcionan la realimentación y validación de que las prácticas han sido presentadas de forma clara.

PALABRAS CLAVE: Sensores, presencia, modelo 3D, AutoCAD, Unity3D , virtual, inductivo, capacitivo, fotoeléctrico.

ABSTRACT

The present work focuses on the development of an interactive virtual environment for the students of the subject “Sensors and Transducers” of the Escuela Politécnica Nacional. The virtual environment has been developed as a complement to the physical laboratory of the university, the same one that will allow to know and to explore the structure and operation of the presence sensors.

For the development of the virtual environment, 3D design tools such as AutoCAD 3D and the Unity3D video game development engine have been used. These tools have been used to create the necessary tools for a laboratory practice and to create a friendly and intuitive interface in which students can discover and reinforce their knowledge.

In this work, two laboratory practices oriented to presence sensors have been developed. The first practice will allow the user to know the structure, the principle of operation and the types of connections of an inductive presence sensor. While the second practice is aimed at showcasing an application of presence sensors in the industry.

Finally, results are obtained thanks to the participation of 39 students from the National Polytechnic School who have previously approved the Sensors and Transducers subject, who provide feedback and validation that the practices have been clearly presented.

KEYWORDS: Sensor, presence, 3D model, AutoCAD, Unity3D, virtual, inductive, capacitive, photoelectric.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, debido a la reciente pandemia del coronavirus han surgido nuevas oportunidades y técnicas de aprendizaje de forma virtual, provocando un auge en el desarrollo de entornos virtuales dedicados al aprendizaje técnico. En este proyecto se hace enfoque en el diseño de prácticas para el laboratorio de sensores y transductores de la Escuela Politécnica Nacional, dedicado a los sensores de presencia. Este entorno virtual permitirá a los estudiantes familiarizarse con la estructura de los sensores y conocer a detalle el principio de funcionamiento de cada sensor, complementando el aprendizaje con ejemplos de aplicaciones prácticas en la industria.

Las prácticas son desarrolladas mediante el software Unity3D, con la ayuda de la herramienta de modelamiento AutoCAD 3D. Unity es un motor de desarrollo de videojuegos en 3D que permite simular el funcionamiento de los sensores de presencia utilizando el lenguaje de programación C#. Mientras que AutoCAD 3D es la herramienta principal para la creación de los objetos que se utilizan para crear el entorno virtual.

Para el desarrollo del entorno virtual se ha hecho enfoque en la variable presencia, se han planteado 2 prácticas que permitirán conocer el principio de funcionamiento de sensores de presencia como son: el sensor inductivo, el sensor capacitivo, y el sensor fotoeléctrico. La primera práctica “Sensor de presencia inductivo” está orientada a conocer la estructura interna del sensor, los tipos de sensores “PNP” y “NPN” con su respectiva conexión y su comportamiento ante diferentes materiales conductivos.

En la segunda práctica “Aplicación de los sensores de presencia” se presenta brevemente la estructura del sensor capacitivo, y el sensor fotoeléctrico, mientras que su principal enfoque es dar a conocer las diferencias de cada sensor. Esto mediante una aplicación de detección de objetos de diferentes materiales, la cual permitirá evaluar qué tipo de sensor será el apropiado para las diferentes situaciones que se pueden presentar en la industria.

1.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un software interactivo implementando dos prácticas relacionadas con los sensores de presencia para el laboratorio de Sensores y Transductores de la Escuela Politécnica Nacional, relacionadas con los sensores de presencia.

1.2 OJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Realizar una investigación bibliográfica acerca de los sensores de presencia y su principio de transducción enfocada al PEA de la materia Sensores y Transductores de la Escuela Politécnica Nacional, software de modelado 3D, diseño de interfaces 3D.
2. Diseñar y planificar la ejecución del funcionamiento de las prácticas correspondientes al PEA del componente práctico de la materia de Sensores y Transductores referentes a la práctica de sensores de presencia.
3. Desarrollar el modelamiento en 3D de los elementos de laboratorio necesarios para el desarrollo de las prácticas.
4. Programar las interfaces que corresponden a la herramienta de instrumentación virtual en base a las prácticas del componente práctico de la asignatura Sensores y Transductores referidos a la práctica de sensores de presencia.
5. Contrastar los resultados obtenidos por el software con la implementación física de los circuitos de forma que se validen los datos entregados con el entorno virtual. Además, realizar las pruebas de validación del funcionamiento, estructura y pertinencia del software con estudiantes del componente práctico de la materia Sensores y Transductores.

1.3 ALCANCE

1. Revisión bibliográfica sobre la temática de instrumentación a tratar en el tópico del componente práctico del PEA de la asignatura de Sensores y Transductores, al igual que sobre las diferentes TIC's para modelamientos, generación del motor gráfico y creación de interfaces hombre –máquina.
2. Modelamiento y virtualización de elementos del componente práctico necesarios para la implementación de circuitos de acondicionamiento para cada tópico a tratar usando software especializado
3. Desarrollo de algoritmos utilizando los diferentes softwares que permitan presentar información e interacción del usuario en un entorno virtual que emule la experimentación presencial llevada a cabo en el laboratorio físico.
4. Diseñar e implementar dos prácticas virtuales referentes a los tópicos del componente práctico de Sensores y Transductores relacionados con los sensores de presencia.

5. Realizar pruebas del funcionamiento de la herramienta contrarrestando los resultados obtenidos con la implementación física de los circuitos de forma que se validen los datos entregados con el entorno virtual.
6. Realizar pruebas del software con los estudiantes de la materia Sensores y Transductores a fin de obtener una realimentación de la operación del mismo.

1.4 MARCO TEÓRICO

A continuación, se presenta el estado del arte referente a los sensores de presencia y los principales elementos electrónicos utilizados en las prácticas de laboratorio. Además, se expone las características principales del entorno de programación y las herramientas utilizadas para el modelamiento en 3D de los objetos.

1.4.1 SENSOR INDUCTIVO

El sensor inductivo es ampliamente usado en el sector industrial, gracias a sus características como contacto no mecánico, durabilidad y alta confiabilidad. [1]

Un inductor o bobina es un componente electrónico que almacena energía dentro de un campo magnético a medida que una corriente fluye a través de él, mientras que también se opone a cualquier cambio en el flujo de corriente. Estos dispositivos consisten en un conductor enrollado alrededor de un núcleo que puede estar hecho de varios materiales. [2]

Ya que el sensor inductivo tiene como elemento principal un inductor almacenando energía en forma de campo magnético, se aprovecha este campo analizando su frecuencia mediante el circuito oscilador del sensor. Cuando un objeto conductivo se acerca al sensor la frecuencia de este campo varía, lo que permite conocer o no la presencia de un objeto. [3]

En la Figura 1 se observa el esquema de la estructura de un sensor inductivo. Normalmente este tipo de sensores cuenta con dos cables de alimentación y un cable utilizado para emitir la señal de control.

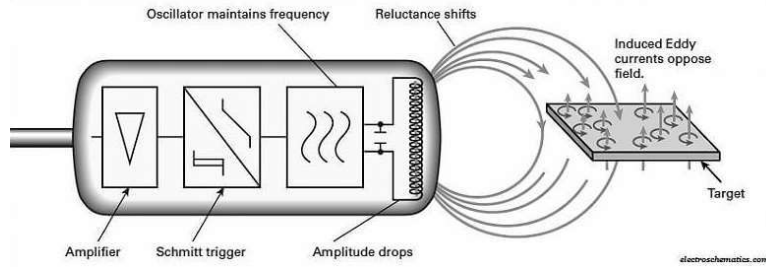


Figura 1 Estructura de un sensor inductivo [3]

1.4.2 SENSOR CAPACITIVO

El capacitor es un elemento electrónico de dos láminas compuestas de un material conductor, con un material dieléctrico posicionado entre ellas. Cuando el capacitor es sometido a una corriente eléctrica este es capaz de generar un campo eléctrico. [4]

El campo eléctrico generado se ve afectado por cambios en la constante dieléctrica del capacitor, esto es provocado por la proximidad de cualquier objeto. El capacitor genera un campo eléctrico de alta frecuencia cuando no tiene ningún objeto en su cercanía. Ya que cada objeto tiene una constante dieléctrica propia, al momento de acercarse al sensor capacitivo la frecuencia del campo eléctrico cambiará, este fenómeno será detectado por el circuito interno del sensor capacitivo. [5]

En la Figura 2 se presenta el esquemático de un sensor capacitivo donde se puede apreciar que cuenta con un circuito oscilador, un condensador y un detector de frecuencia.

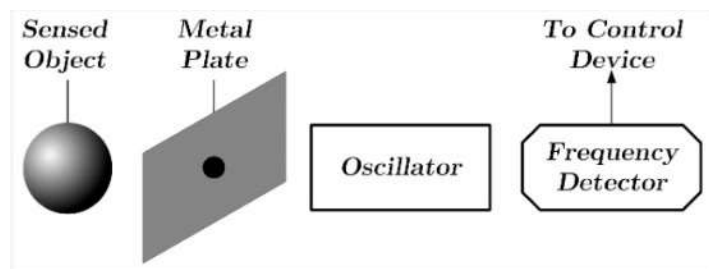


Figura 2 Esquemático de un sensor capacitivo [5]

1.4.3 SENSOR FOTOELÉCTRICO

Un sensor fotoeléctrico utiliza un componente óptico para la detección de objetos. La detección fotoeléctrica es de alta precisión, respuesta rápida y sin contacto, entre otras ventajas. El sensor tiene una estructura simple, flexible y formas diversas, por lo que el

sensor es usado ampliamente en aplicaciones de la industria. Puede usar transmisión de luz, reflexión o interferencia. [6]

En la Figura 3 se presenta un esquemático del funcionamiento de un sensor fotoeléctrico compuesto en su estructura por un emisor de luz y un receptor.



Figura 3 Funcionamiento de un sensor fotoeléctrico [6]

1.4.4 RELÉ

Un relé es un interruptor electromecánico utilizado para abrir o cerrar circuitos. El relé utiliza una señal eléctrica para controlar un electroimán. Todos los relés consisten en: un electroimán, un contacto mecánico, un interruptor y un resorte.

En el desarrollo de la práctica 1 relacionada al sensor inductivo, se ha propuesto el uso de un módulo de relés, el cual es comúnmente utilizado en aplicaciones pequeñas de la electrónica.

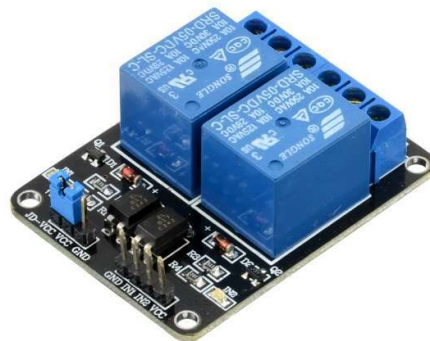


Figura 4 Módulo de relés [7]

En la figura 4 se observa el módulo de relés, el mismo que cuenta con un circuito adicional que consta principalmente en optoacopladores, los cuales brindan un mayor aislamiento al circuito de control para evitar interferencias generadas por el accionamiento de los relés y su circuito de fuerza. [7]

1.4.5 ENTORNO DE DESARROLLO DE VIDEOJUEGOS UNITY

Para este trabajo se ha utilizado Unity como principal entorno de desarrollo para la creación de videojuegos. Cuenta con una interfaz intuitiva, funcional, rápida y gratuita. Unity provee un entorno de desarrollo completo y múltiples herramientas integradas para desarrollar y publicar videojuegos en todas las plataformas existentes. [8]

Aquí se detallan algunas ventajas de Unity para el desarrollo de videojuegos:

- Crear videojuegos originales para diferentes plataformas como PC, web, teléfonos inteligentes y tabletas.
- Desarrollo de videojuegos en 2D y 3D comprendiendo cada una de las herramientas particulares que Unity ofrece para trabajar.
- Programación mediante la interacción con el software y las herramientas de Unity.
- Unity cuenta con una gran comunidad de desarrolladores que comparten su conocimiento y recursos, incluyendo tutoriales y cursos.

1.4.6 SOFTWARE AUTOCAD 3D

AutoCAD 3D es un software que puede ser utilizado para el diseño virtual de herramientas de instrumentación. Es una poderosa herramienta que permite a los usuarios crear modelos en 3D de objetos y diseños, incluyendo partes mecánicas, estructuras, y sistemas eléctricos. AutoCAD 3D brinda un amplio rango de herramientas que pueden ser utilizadas para el diseño y modelamiento virtual para instrumentación, incluyendo [9]:

- Renderizado avanzado para crear imágenes realistas de instrumentos.
- Diseño automatizado y revisión de dibujos para asegurar la precisión y consistencia.
- Diseño 3D innovador para la creación y comunicación con casi cualquier herramienta de visualización de modelos 3D como Unity.

METODOLOGÍA

En esta sección se explica el desarrollo del entorno virtual y el diseño de los objetos en 3D que se utilizaron. Se realizó una investigación sobre los sensores de presencia y el software de instrumentación necesarios para realizar las prácticas de laboratorio.

El ambiente virtual contiene dos prácticas que abordan la variable de presencia. La primera práctica simula el funcionamiento y la estructura de un sensor inductivo NPN y PNP, mientras que la segunda práctica se enfoca en demostrar una aplicación práctica de los sensores de presencia.

En la Figura 5 se presenta el menú principal de la aplicación. Para ingresar a las prácticas relacionadas al sensor de presencia, es necesario seleccionar el botón “play” y posteriormente elegir la “Sala 2” como se muestra en la Figura 6.

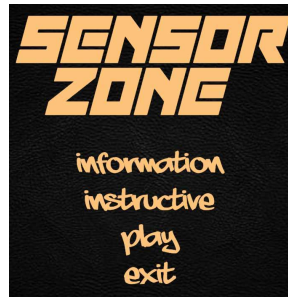


Figura 5 Menú principal de la aplicación

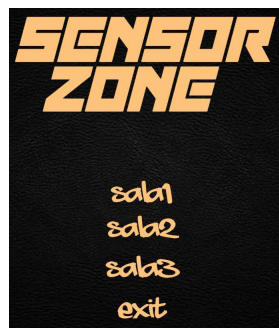


Figura 6 Menú de selección de sala

En la Figura 7 se presenta la disposición de las dos prácticas relacionadas a los sensores de presencia. A la izquierda se encuentra la práctica “Sensor Inductivo” y la derecha se encuentra la práctica “Aplicación de los sensores de presencia”.



Figura 7 Disposición de las prácticas dentro de la sala 2

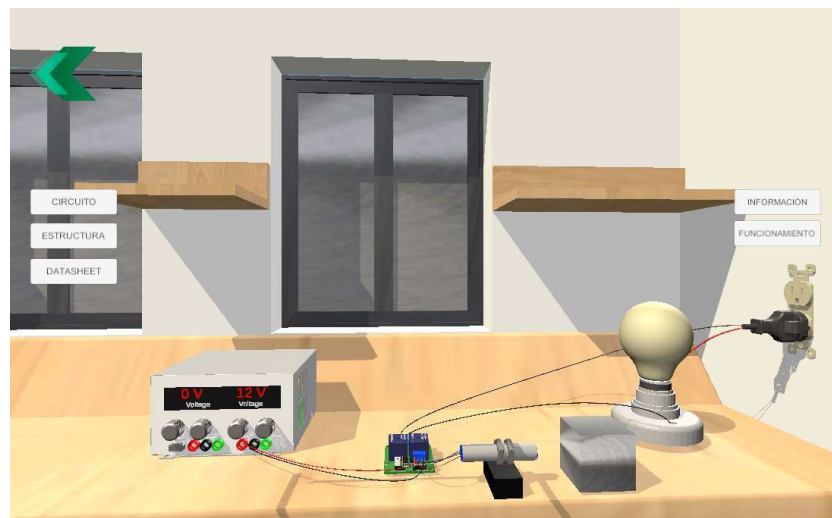


Figura 8 Visualización de la práctica sensor de presencia inductivo

En la Figura 8 se puede observar la disposición de los elementos utilizados en la práctica del sensor de presencia inductivo, los cuales han sido diseñados en 3D utilizando las herramientas de diseño AutoCAD 3D y Blender. Estos diseños posteriormente son importados al entorno de trabajo de Unity donde se puede realizar la programación para interactuar con ellos.

2.1 CREACIÓN DE PIEZAS EN 3D

En esta sección se detallará todos los objetos en 3D que se han utilizado para el desarrollo de las prácticas. La aplicación principal utilizada para la creación en 3D de los elementos ha sido AutoCAD 3D para los elementos electrónicos como: el sensor de presencia inductivo, el módulo de relés, un foco, bloques de diferentes materiales, un tomacorriente. Mientras que para el diseño de cables se ha utilizado Blender.

2.1.1 SENSOR DE PRESENCIA INDUCTIVO

Para la creación del sensor inductivo se ha tomado como referencia el sensor de proximidad inductivo E2A el cual cuenta con las siguientes características principales:

Tabla 1 Parámetros eléctricos principales del sensor inductivo

Parámetro	Valor
Voltaje de alimentación	24 Vcc
Corriente de consumo	10 mA máx.
Corriente de salida	200 mA máx
Temperatura ambiente	-40 a 70 °C
Protección	IP 67

El sensor de presencia inductivo diseñado cuenta con 3 secciones principales, las cuales son: La carcasa, el circuito oscilador y la bobina.

En la Figura 9 se presenta la carcasa del sensor, donde se pueden apreciar dos tuercas que sirven para la sujeción del sensor a diferentes superficies u orificios en equipos industriales. Este sensor tiene 3 pines de conexión, donde dos de ellos son utilizados para la alimentación del sensor (VCC, GND) y un último pin cuya función es dar la señal de detección para ser interpretada por un sistema embebido.

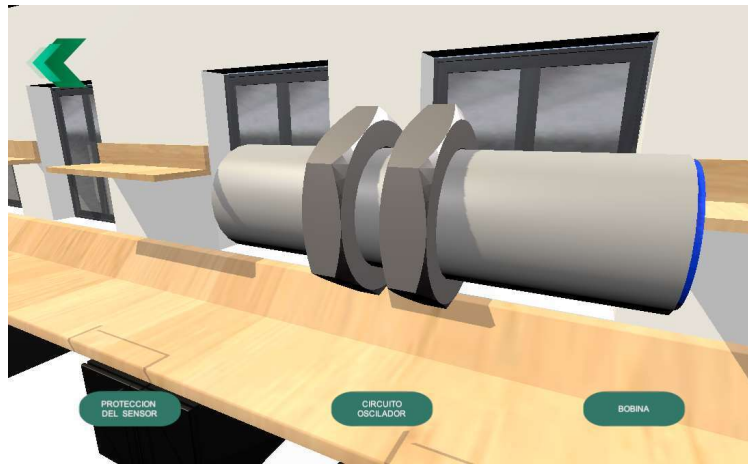


Figura 9 Visualización de la carcasa del sensor inductivo

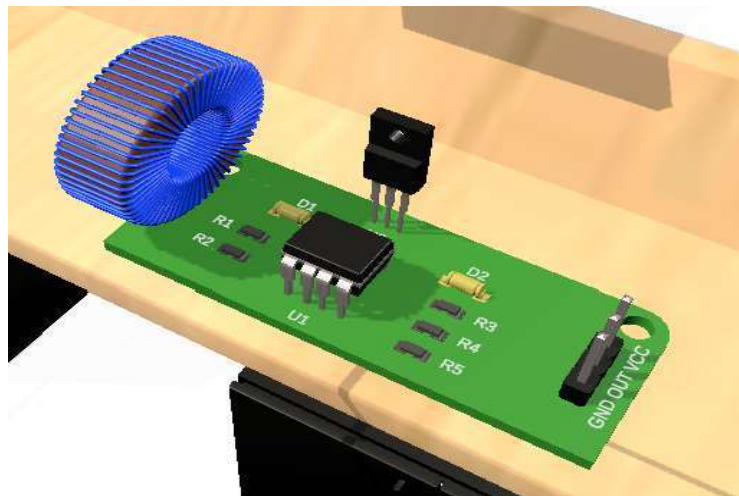


Figura 10 Visualización interna del sensor de presencia

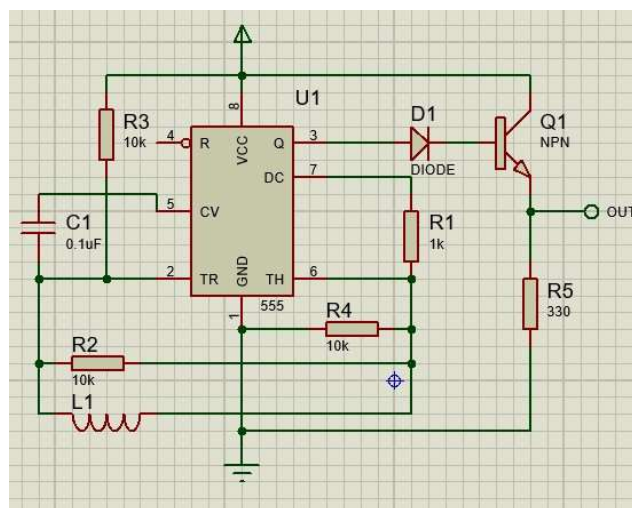


Figura 11 Esquema del circuito del sensor inductivo NPN

En la Figura 10 se puede observar el interior del sensor y en la Figura 11 se presenta el esquemático del circuito, utilizando como elemento principal el integrado 555.

El circuito de la Figura 11 se utiliza como oscilador para generar una señal de alta frecuencia que se aplica a la bobina de inductancia. Las resistencias de 1k ohmios y 10k ohmios se utilizan para configurar el circuito de tal manera que el integrado 555 genere la frecuencia de operación deseada. El condensador de cerámica de 0.1uF se utiliza como elemento de acoplamiento para evitar que los cambios en la fuente de alimentación afecten la frecuencia de oscilación del circuito. El voltaje utilizado comúnmente para este tipo de circuito es de 5V.

2.1.2 MÓDULO DE RELÉS



Figura 12 Módulo de relés creado en AutoCAD 3D

En la figura 12 se presenta el módulo de 2 relés el cual contiene diferentes elementos adicionales, como resistores y diodos optoacopladores, para mejorar su rendimiento y proteger su circuito.

Los resistores son componentes pasivos que se utilizan para limitar el flujo de corriente en un circuito eléctrico. En un módulo de 2 relés, los resistores se utilizan para ajustar el voltaje o la corriente en el circuito y para evitar el sobrecalentamiento o el daño a otros componentes.

Los optoacopladores son dispositivos que se utilizan para aislar eléctricamente un circuito de otro. En un módulo de 2 relés, los optoacopladores se utilizan para proporcionar aislamiento eléctrico entre la señal de control y la carga de alta potencia

que se controla mediante los relés. Esto protege la electrónica de la señal de control de las fluctuaciones de voltaje o corriente que se producen en la carga, lo que puede dañar los componentes sensibles.

2.1.3 FOCO

Para importar elementos creados en AutoCAD 3D, es necesario pasar por un proceso que incluye la importación de los archivos a Blender y luego su conversión al formato.fbx, de esta manera los elementos pueden ser utilizados en Unity.



Figura 13 Foco y boquilla importados a Unity

En la Figura 13 se puede observar el foco encendido, cuyo efecto de iluminación se logró utilizando el elemento “Light” de Unity.

2.1.4 BLOQUES DE MATERIALES

Para la simulación del funcionamiento se han elegido cuatro materiales detectables por el sensor (hierro, aluminio, acero inoxidable y cobre), cuyas distancias de detección presentadas en la Figura 14 se obtuvieron del datasheet, y además se incluyeron dos materiales (madera y vidrio) los cuales no pueden ser detectados por el sensor.

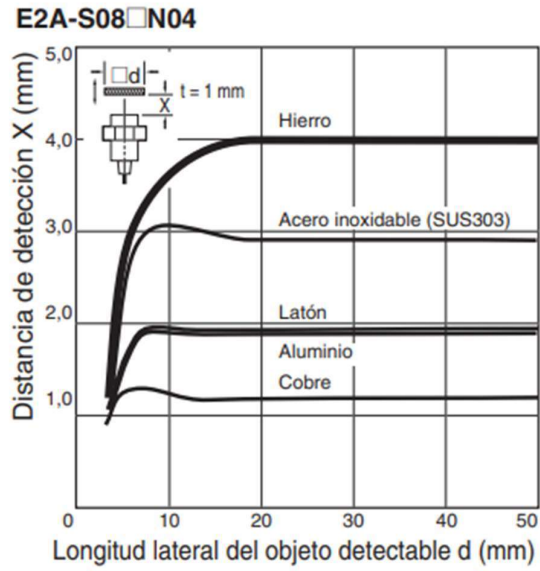


Figura 14 Distancias de detección de materiales obtenidos del datasheet

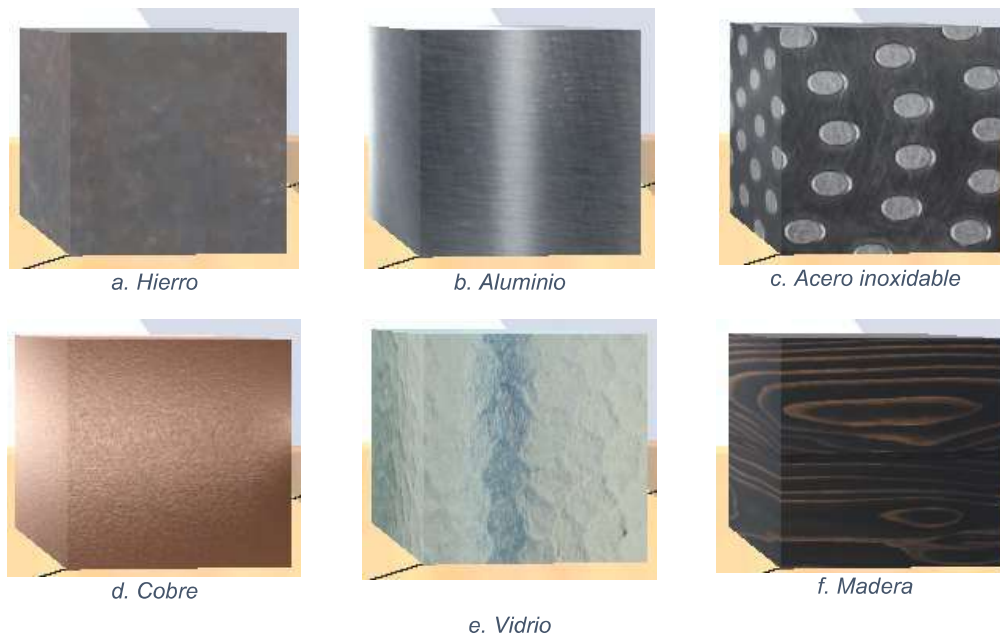


Figura 15 Materiales utilizados en la práctica

En la Figura 15 se presentan los bloques creados con diferentes texturas correspondientes a cada material.

2.1.5 CABLES

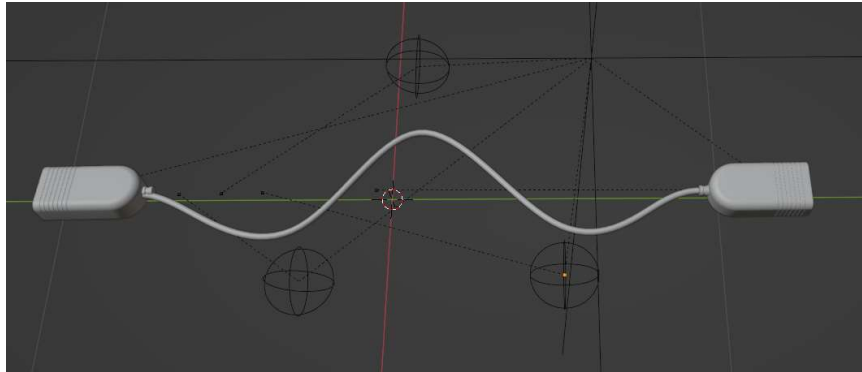


Figura 16 Cable base para la creación de los cables utilizados en Blender

Para la creación de cables se ha utilizado un ejemplo base desde la librería de Blender presentado en la Figura 16, el cual cuenta con modificadores de dirección y forma que permiten moldear el cable de forma libre.

En la práctica del sensor inductivo se han diseñado un total de 22 cables utilizados en las diferentes escenas los cuales cumplen la función de conducir la corriente de alimentación para los dispositivos utilizados, y además de enviar las señales de control para el funcionamiento del circuito.

2.1.6 TOMACORRIENTE

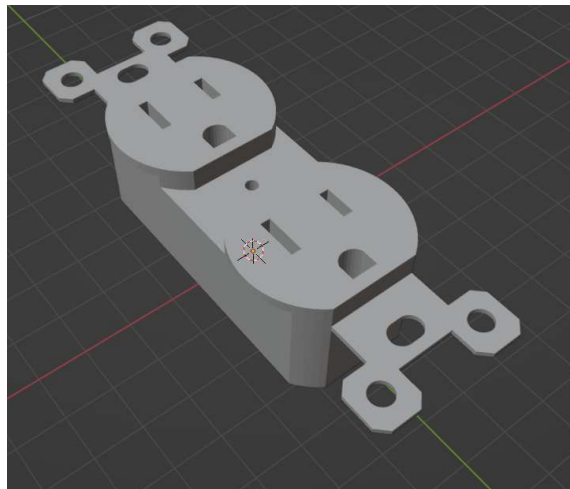


Figura 17 Tomacorriente creado en 3D

Se diseñó el modelo un tomacorriente, presentado en la Figura 17, con el fin de llevar alimentación al foco el cual es ubicado en la pared de la sala. El tomacorriente forma

parte del circuito de potencia encargado de activar el foco, y es un complemento para demostrar el funcionamiento de un relé como aislamiento de un circuito de control.

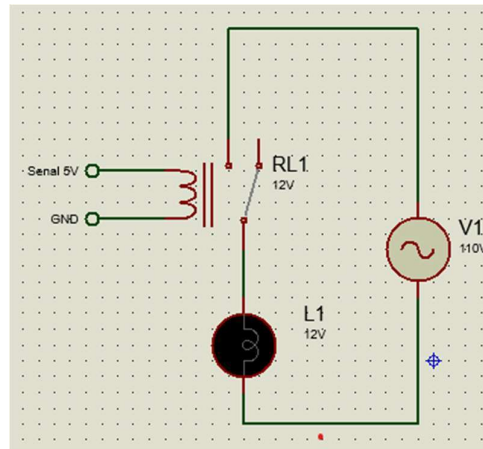


Figura 18 Esquema de conexión del foco como carga del circuito

En la Figura 18 se puede observar la conexión necesaria para colocar una carga en el circuito en este caso un foco. Esta carga puede ser sustituida por cargas de mayor consumo de corriente, ya que gracias al relé se tienen circuitos de control y fuerza separados.

2.1.7 BANDA TRANSPORTADORA

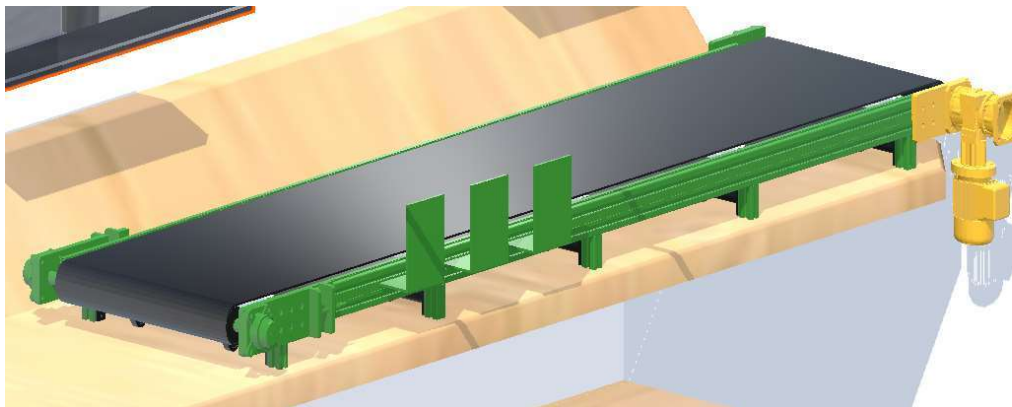


Figura 19 Banda transportadora creada en 3D

En la Figura 19 se presenta la banda transportadora utilizada para realizar una simulación de la aplicación de los sensores de presencia. Además, se puede observar en amarillo el motor encargado del movimiento de la banda y en verde los soportes para los sensores de presencia.

2.2 ENTORNO DE LA PRÁCTICA “SENSOR DE PRESENCIA INDUCTIVO”

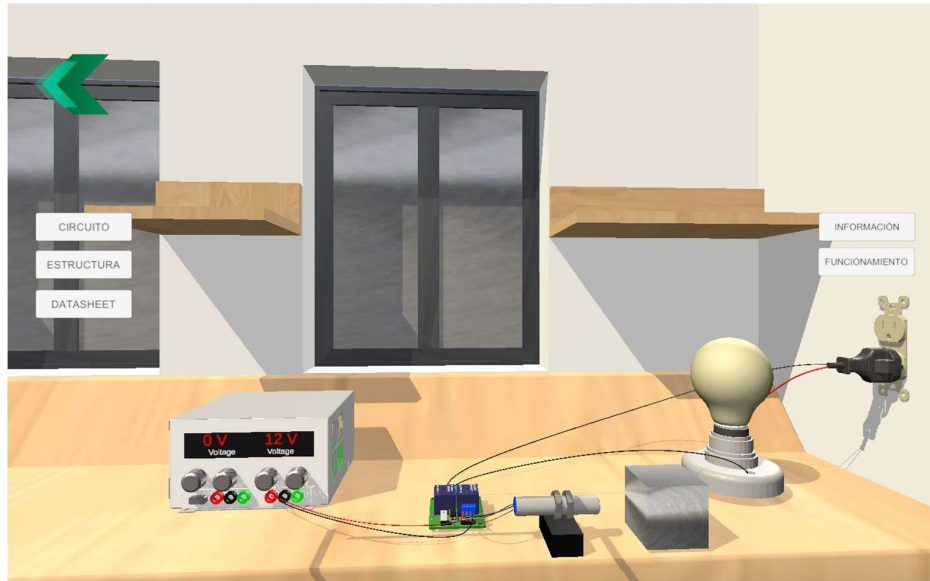


Figura 20 Escena principal de la práctica “Sensor de presencia inductivo”

La práctica del sensor de presencia inductivo sirve para que los estudiantes conozcan la estructura, características y el principio de funcionamiento de dicho sensor mediante la simulación de funcionamiento en un entorno controlado y visualizando su comportamiento ante diferentes tipos de materiales. Además, permite diferenciar la conexión que se debe realizar cuando se tienen sensores tipo PNP y NPN.

En la Figura 20 se muestra la pantalla principal, la cual cuenta con 5 botones:

- Circuito
- Estructura
- Datasheet
- Funcionamiento
- Información

Cada uno de estos botones desplegará una nueva escena con diferentes características descritas a continuación:

2.2.1 CIRCUITO

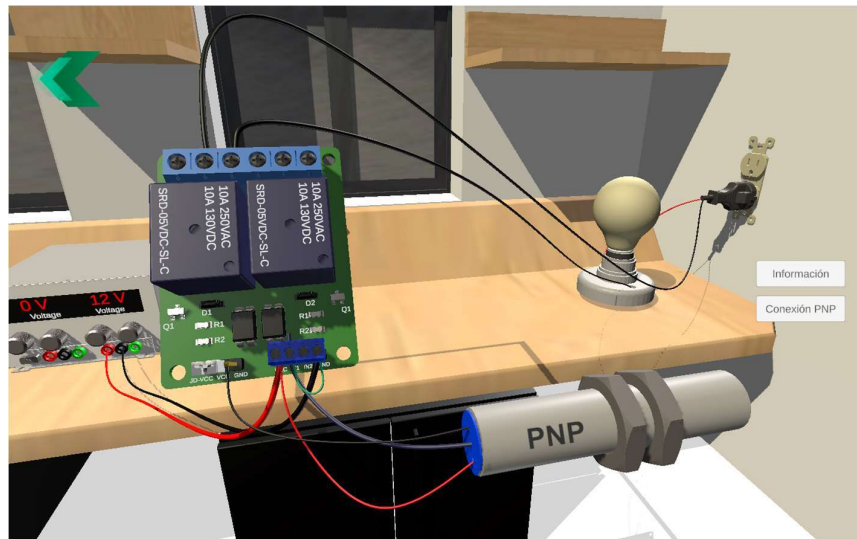


Figura 21 Escena correspondiente al botón "Circuito"

En la figura 21 se puede observar la escena que se muestra al presionar el botón "Circuito", aquí se puede visualizar la conexión que se realiza al tener los dos diferentes tipos de sensores PNP y NPN mediante el botón "Conexión PNP".

En esta escena se puede observar el módulo de relés con su respectiva conexión para el sensor y la carga. Este módulo de relés es utilizado ya que cuenta con elementos adicionales como diodos optoacopladores, los cuales contribuyen con una etapa de aislamiento adicional para que las posibles fluctuaciones de voltaje de la carga no afecten al circuito de control.

El botón de Información muestra los esquemas de conexión de los circuitos y además explica el funcionamiento del módulo de relés utilizado durante la práctica.

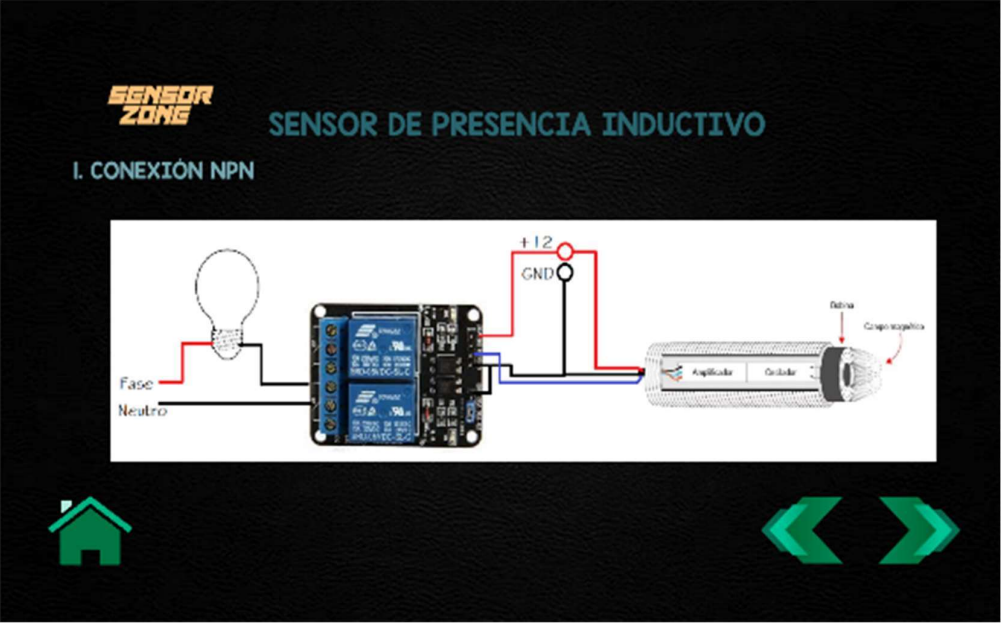


Figura 22 Diagrama de conexión sensor tipo NPN

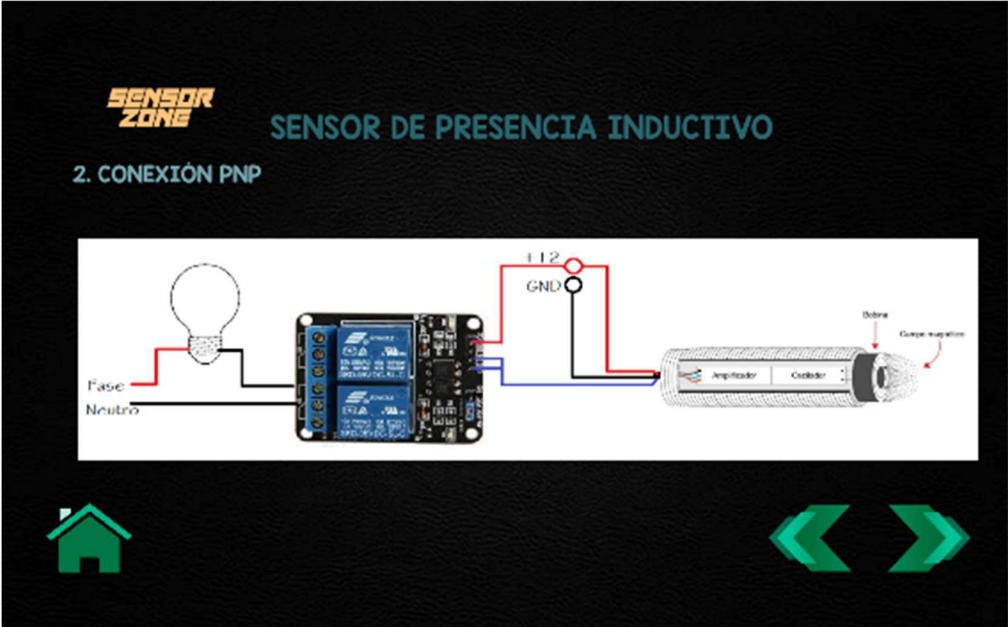


Figura 23 Diagrama de conexión sensor tipo PNP

En la Figura 22 y Figura 23 se puede apreciar la diferencia de conexión al tener un sensor tipo PNP y NPN, teniendo como principal diferencia su conexión de puesta a tierra.



Figura 24 Información correspondiente al módulo de relés

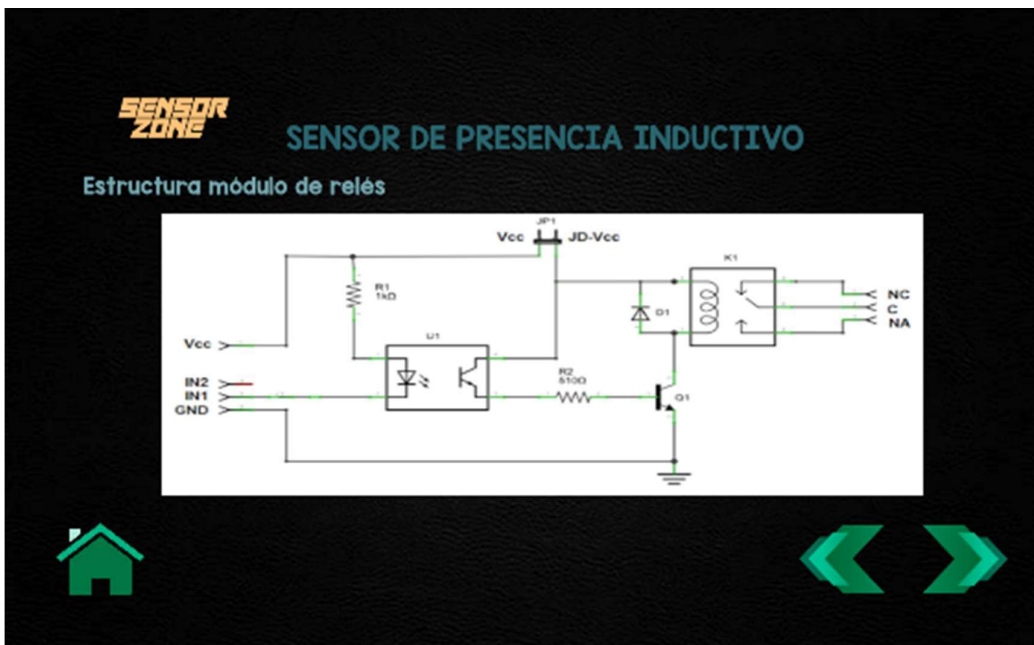


Figura 25 Estructura interna del módulo de relés

En la Figura 24 y Figura 25 se presenta una breve descripción del módulo de relés y su esquema de conexión.

2.2.2 ESTRUCTURA

Al presionar el botón “ESTRUCTURA” se mostrará la visualización detallada del sensor inductivo, en la cual mediante botones colocados en la parte inferior se podrá observar los componentes principales del sensor, como son: la carcasa (Figura 26), el circuito oscilador (Figura 27) y la bobina (Figura 28).

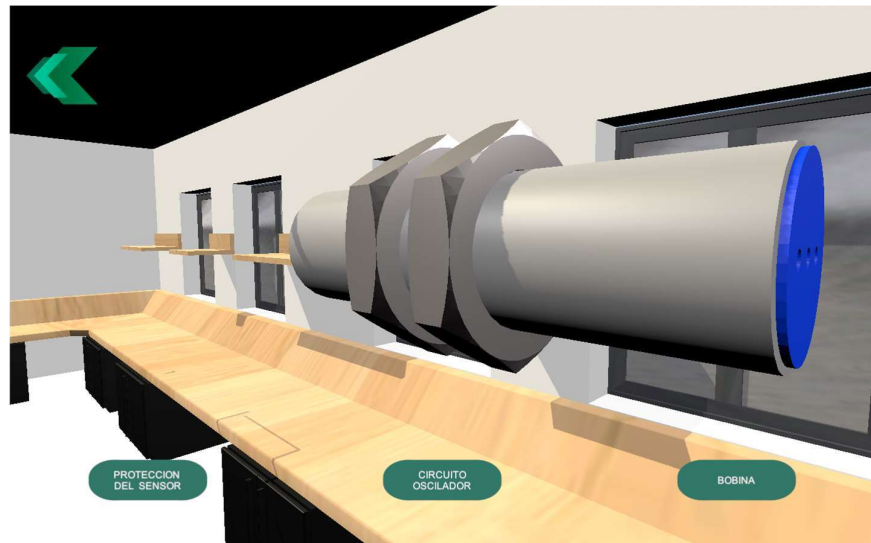


Figura 26 Escena de Estructura del sensor

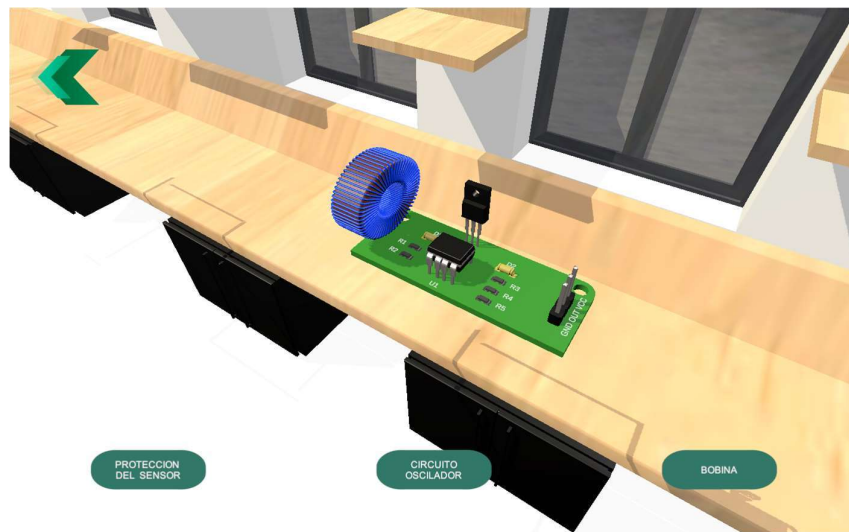


Figura 27 Escena de Estructura del sensor al presionar el botón “Protección del Sensor”

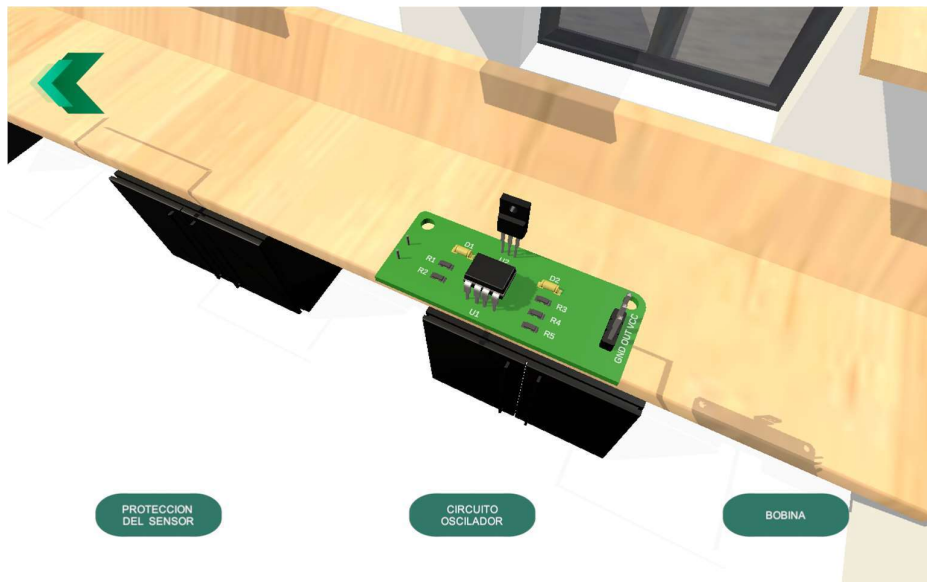


Figura 28 Escena de Estructura del sensor al presionar el botón "Bobina"

2.2.3 DATASHEET

Este botón no despliega una nueva escena, en su lugar abre un archivo PDF (sin necesidad de conexión a internet) con toda la información técnica correspondiente al sensor inductivo en el cual se ha basado esta práctica.

2.2.4 FUNCIONAMIENTO

Cuando se presione el botón "Funcionamiento", se despliega una ventana interactiva en la que se puede visualizar el circuito completo en funcionamiento con el sensor inductivo (Figura 29).

Por su parte, el botón "Cambiar material" permite cambiar el tipo de material del objeto a detectar (hierro, aluminio, acero inoxidable, cobre, madera y vidrio), lo que hace que el sensor detecte el objeto a diferentes distancias.

Además, se puede mover el bloque mediante una barra de desplazamiento o "Slider" para verificar el funcionamiento del sensor a diferentes distancias con los distintos materiales.



Figura 29 escena de Funcionamiento

Al presionar el botón "Información" (Figura 30), se muestra la distancia a la que el sensor es capaz de detectar cada uno de los materiales, según lo indicado en el datasheet del sensor.

SENSOR ZONE **SENSOR DE PRESENCIA INDUCTIVO**

Distancia de detección

Se tienen los siguientes materiales con sus respectivas distancias de detección:

-> Hierro	2 mm
-> Acero Inoxidable	1.6 mm
-> Aluminio	1 mm
-> Cobre	0.8 mm
-> Madera	No detecta
-> Vidrio	No detecta

Figura 30 Escena con tabla de distancias de detección y materiales

2.2.5 INFORMACIÓN

Al presionar el botón “Información” en la escena principal se podrá encontrar el objetivo de la práctica (Figura 31), la descripción de la práctica (Figura 32) y el principio de funcionamiento del sensor (Figura 33).

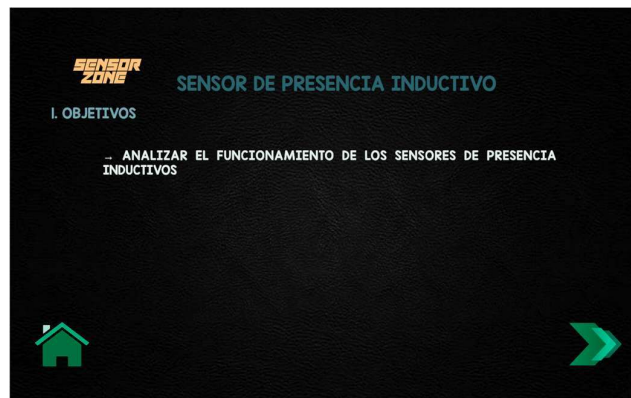


Figura 31 Objetivo de la práctica

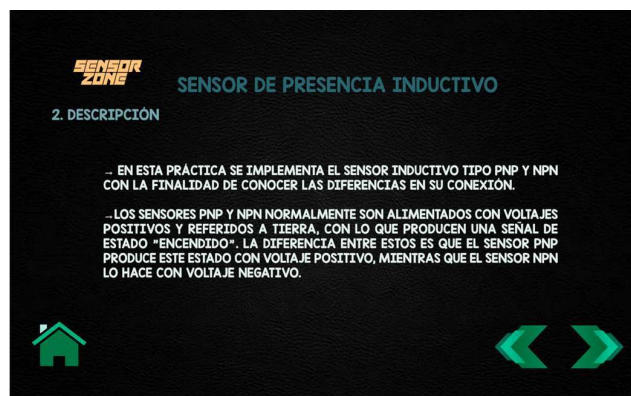


Figura 32 Descripción de la práctica



Figura 33 Breve descripción del principio de funcionamiento del sensor inductivo

2.3 ENTORNO DE LA PRÁCTICA “APLICACIÓN DE LOS SENSORES DE PRESENCIA”

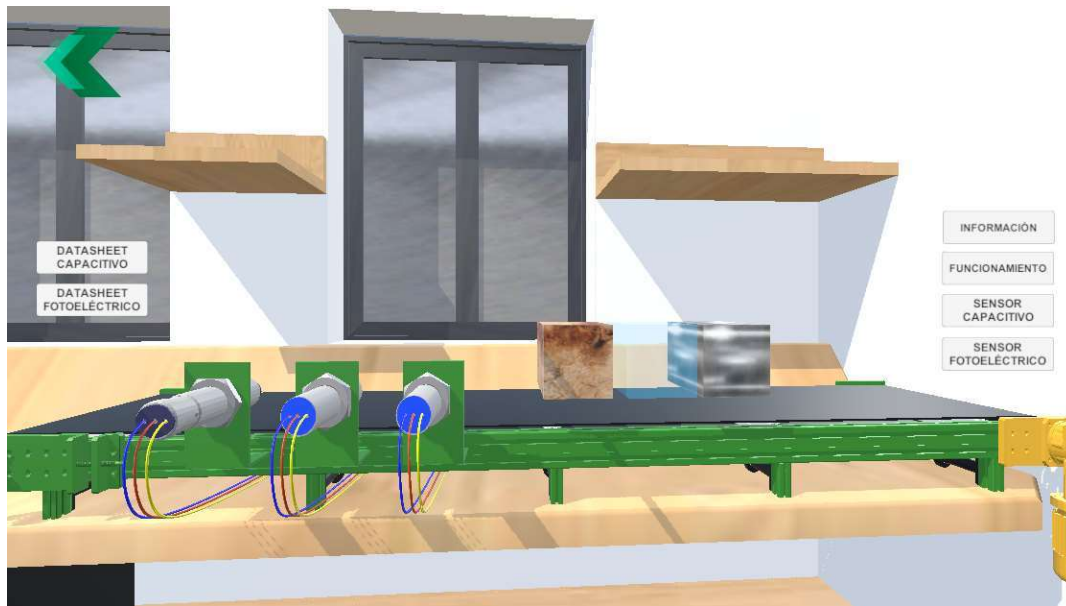


Figura 34 Escena inicial de la práctica

En esta práctica se implementan tres sensores de presencia: el sensor inductivo, sensor capacitivo y el sensor fotoeléctrico. Además, se presenta una breve descripción del principio de funcionamiento de los sensores y se puede visualizar su estructura interna.

En la Figura 34 se muestra la pantalla principal, la cual cuenta con 6 botones:

- Sensor Fotoeléctrico
- Sensor Capacitivo
- Funcionamiento
- Información
- Datasheet fotoeléctrico
- Datasheet capacitivo

Cada uno de estos botones desplegará una nueva escena con diferentes características descritas a continuación:

2.3.1 SENSOR FOTOELÉCTRICO

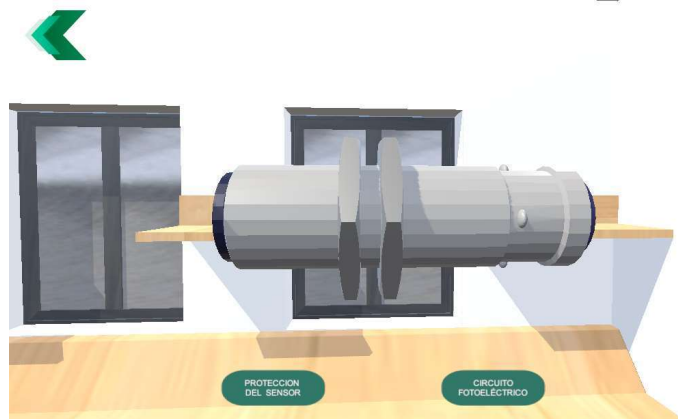


Figura 35 Escena de la estructura del sensor fotoeléctrico

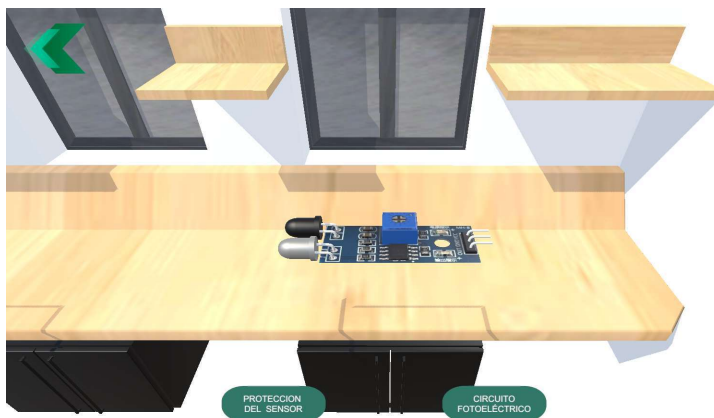


Figura 36 Interior del sensor fotoeléctrico

En la Figura 35 se muestra la escena que permite observar la protección del sensor fotoeléctrico, mientras que en la Figura 36 se presenta la apariencia interna del sensor, la cual es visible al presionar el botón “Circuito fotoeléctrico”.

2.3.2 SENSOR CAPACITIVO

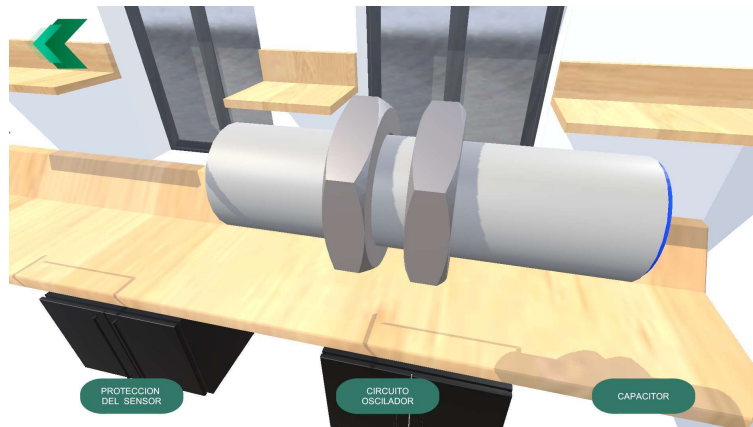


Figura 37 Escena de la estructura del sensor capacitivo



Figura 38 Interior del sensor capacitivo

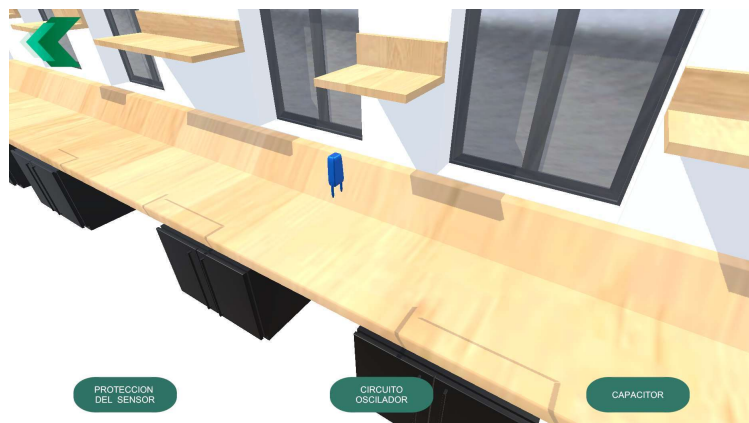


Figura 39 Resultado al presionar los botones "Protección del sensor" y "Circuito Oscilador"

En las Figuras 37, 38 y 39 se presenta la escena que permite observar la estructura del sensor capacitivo, en la cual se aprecia sus componentes principales como: la protección del sensor, el circuito oscilatorio y el capacitor.

2.3.3 FUNCIONAMIENTO

En esta escena se presenta una aplicación de los sensores de presencia, la cual cuenta con los tres sensores de presencia (Inductivo, Capacitivo y Fotoeléctrico), En la Figura 40 se puede observar la disposición de los sensores en una banda transportadora. Al presionar el botón "INICIAR" inicia la simulación desplegando bloques de diferentes materiales (madera, metal y vidrio) como se observa en la Figura 41. Dependiendo de las características de cada sensor estos solamente podrán detectar ciertos materiales, por ejemplo, el sensor inductivo solamente podrá detectar bloques de metal, mientras que el sensor capacitivo podrá detectar todos los materiales.

Finalmente, al presionar el botón Información se muestra información resumida sobre el funcionamiento de la simulación y el ejercicio dedicado a esta práctica como se muestra en la Figura 42.

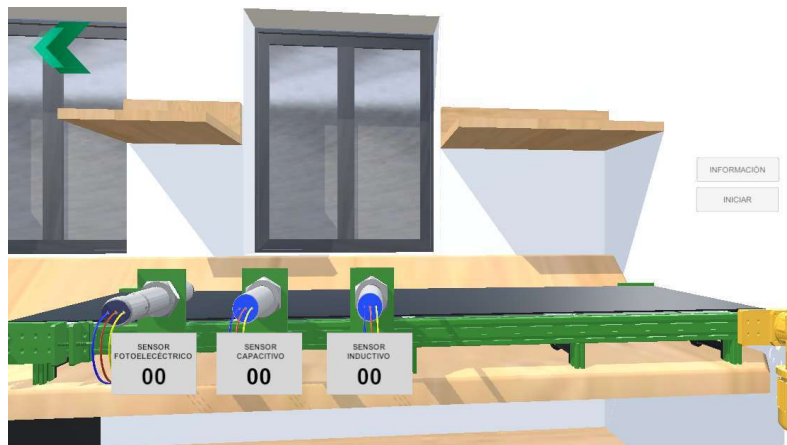


Figura 40 Escena de Funcionamiento

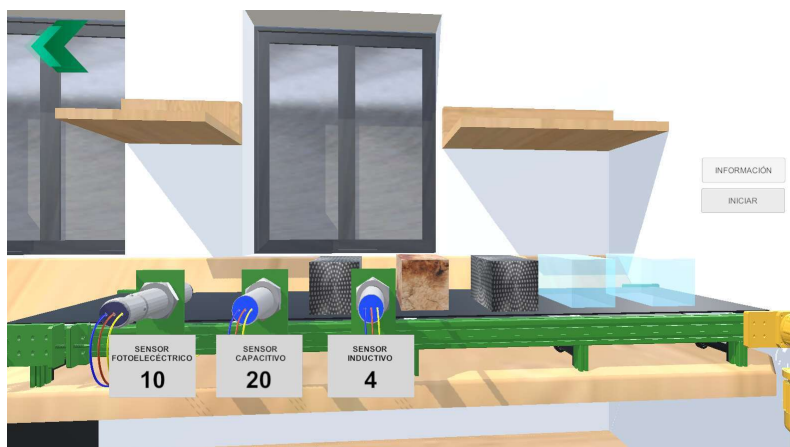


Figura 41 Simulación en proceso

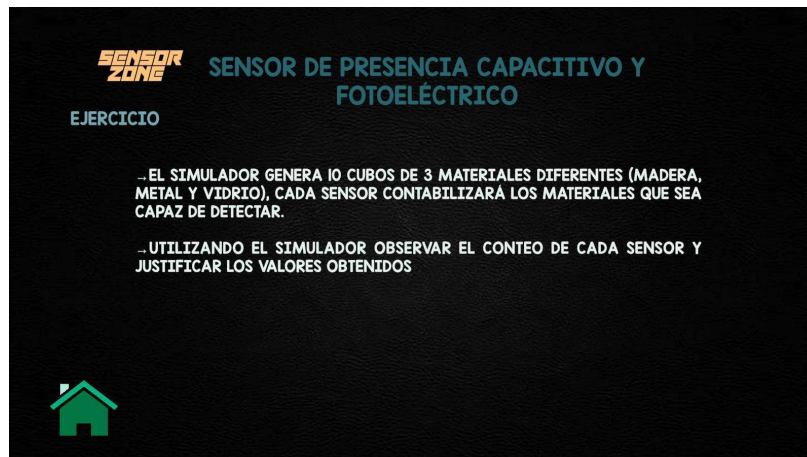


Figura 42 Información de la escena "Funcionamiento"

2.3.4 INFORMACIÓN

El botón de "INFORMACIÓN" despliega las escenas con la información detallada de la práctica, así como: Objetivos (Figura 43), Descripción (Figura 44) y principio de funcionamiento del sensor capacitivo y fotoeléctrico. (Figura 45 y 46),



Figura 43 Escena de objetivos

SENSOR ZONE **SENSOR DE PRESENCIA CAPACITIVO Y FOTOELÉCTRICO**

2. DESCRIPCIÓN

... EN ESTA PRÁCTICA SE IMPLEMENTAN TRES SENSORES DE PRESENCIA COMUNES: EL SENSOR INDUCTIVO, EL SENSOR CAPACITIVO Y EL SENSOR FOTOELÉCTRICO. ESTOS SENSORES SON AMPLIAMENTE UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA PARA DETECTAR LA PRESENCIA O AUSENCIA DE OBJETOS EN UNA ZONA ESPECÍFICA.

...LOS SENSORES DE PRESENCIA, TALES COMO EL INDUCTIVO, EL CAPACITIVO Y EL FOTOELÉCTRICO, SON ELEMENTOS VITALES EN LA INDUSTRIA PARA DETECTAR LA PRESENCIA O AUSENCIA DE OBJETOS. CADA TIPO DE SENSOR TIENE SU PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO PARTICULAR Y APLICACIONES ESPECÍFICAS, LO QUE PERMITE UNA AMPLIA GAMA DE USOS EN DIVERSOS CAMPOS INDUSTRIALES.




Figura 44 Escena de descripción

SENSOR ZONE **SENSOR DE PRESENCIA CAPACITIVO Y FOTOELÉCTRICO**

SENSOR FOTOELÉCTRICO

... EL SENSOR FOTOELÉCTRICO UTILIZA UNA FUENTE DE LUZ Y UN FOTORRECEPTOR PARA DETECTAR OBJETOS. CUANDO UN OBJETO INTERCEPTA EL HAZ DE LUZ, EL FOTORRECEPTOR DETECTA LA INTERRUPCION Y ENVÍA UNA SEÑAL DE ENCENDIDO.






Figura 45 Principio de funcionamiento fotoeléctrico

SENSOR ZONE **SENSOR DE PRESENCIA CAPACITIVO Y FOTOELÉCTRICO**

SENSOR CAPACITIVO

... EL SENSOR CAPACITIVO, POR OTRO LADO, DETECTA CAMBIOS EN EL CAMPO ELÉCTRICO. CUANDO UN OBJETO SE ACERCA AL SENSOR, ALTERA EL CAMPO ELÉCTRICO, ACTIVANDO EL SENSOR Y GENERANDO UNA SEÑAL DE ENCENDIDO. ESTE TIPO DE SENSOR ES PARTICULARMENTE ÚTIL PARA DETECTAR OBJETOS NO METÁLICOS COMO PLÁSTICO, PAPEL O LÍQUIDOS.




Figura 46 Principio de funcionamiento capacitivo

RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 RESULTADOS

Una vez terminadas las prácticas relacionadas con la variable presencia, se realizó una sesión de laboratorio con 39 estudiantes de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica que hayan aprobado la materia de Sensores y Transductores con el fin de obtener realimentación del usuario sobre la interfaz y viabilidad de las prácticas. Los estudiantes tuvieron la oportunidad de manipular las prácticas para que finalmente puedan responder una encuesta orientada a evaluar las ventajas de un entorno virtual. Esta encuesta se realizó en la herramienta “Google Forms”, la cual permite obtener resultados de encuestas de forma automática. Los resultados fueron los siguientes:

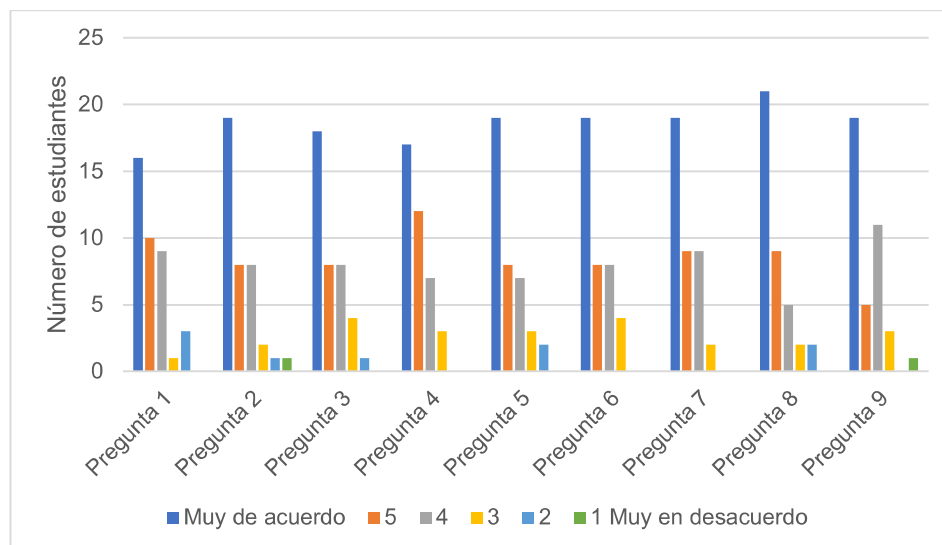


Figura 47 Resultados obtenidos de la encuesta

En la Figura 47 se puede observar que la mayoría de los estudiantes ha respondido de forma positiva ante las preguntas realizadas en la encuesta. A continuación, se da el detalle para cada pregunta.

3.1.1 PREGUNTA 1

1. ¿La información sobre el fundamento teórico de las prácticas se ha expuesto de forma clara y concisa?

39 respuestas

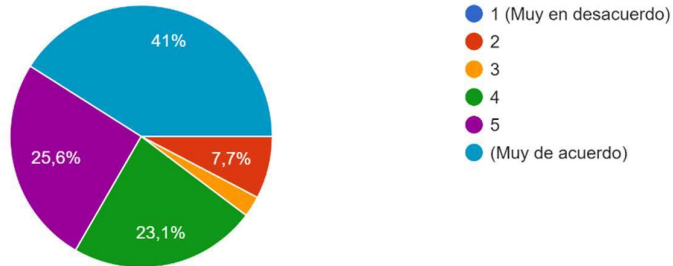


Figura 48 Resultados de la pregunta 1

En la figura 486 se muestra los resultados de la pregunta 1, la cual ha sido orientada a evaluar el fundamento teórico dentro de las prácticas, teniendo resultados muy positivos, dejado en claro que los conceptos han sido comprendidos por la mayoría de los estudiantes.

Tabla 2 Tabulación de la pregunta 1

PREGUNTA 1	# DE ESTUDIANTES
Muy de acuerdo	16
5	10
4	9
3	1
2	3
1 Muy en desacuerdo	0
TOTAL	39

3.1.2 PREGUNTA 2

2. ¿Considera que los modelos en 3D le permiten tener una idea completa sobre la estructura y el funcionamiento de los sensores de presencia?

38 respuestas

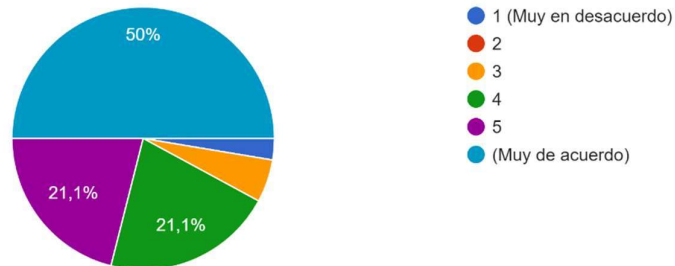


Figura 49 Resultados de la pregunta 2

La pregunta 2 es orientada a la evaluación del modelamiento en 3D y la estructuración de los de los sensores. Teniendo como respuesta que la mayoría de los estudiantes considera que la estructura y modelos en 3D de los sensores les permiten tener una idea completa de su funcionamiento.

Tabla 3 Tabulación de la pregunta 2

PREGUNTA 2	# DE ESTUDIANTES
Muy de acuerdo	19
5	8
4	8
3	2
2	1
1 Muy en desacuerdo	1
TOTAL	39

3.1.3 PREGUNTA 3

3. ¿Considera que la animación de la práctica “Sensor Inductivo” se asemeja al sensor inductivo real utilizado en el laboratorio de instrumentación?

39 respuestas

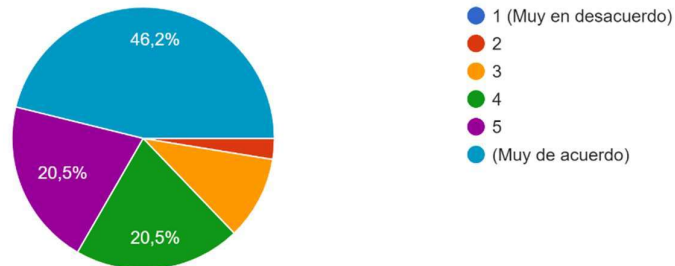


Figura 50 Resultados de la pregunta 3

La pregunta 3 es orientada a la escena de simulación del sensor inductivo, en la cual podemos someter al sensor a diferentes materiales para comprobar su comportamiento y la distancia de detección de cada material. Teniendo en su mayoría respuestas positivas se puede constatar que la animación ha sido comprensible para los estudiantes.

Tabla 4 Tabulación de la pregunta 3

PREGUNTA 3	# DE ESTUDIANTES
Muy de acuerdo	18
5	8
4	8
3	4
2	1
1 Muy en desacuerdo	0
TOTAL	39

3.1.4 PREGUNTA 4

4. ¿Considera que la animación de la práctica “Aplicación de los sensores de presencia” le permite conocer el uso de los sensores de presencia en aplicaciones industriales?

39 respuestas

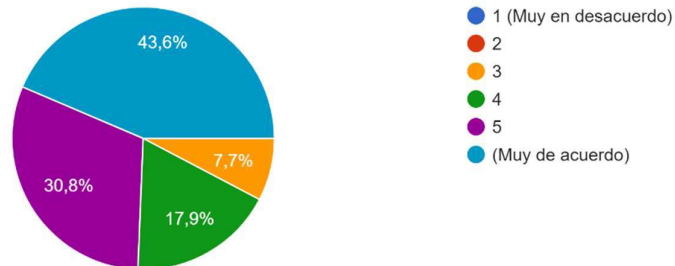


Figura 51 Resultados de la pregunta 4

En la pregunta 4 se evalúa la animación correspondiente a la práctica “Aplicación de los sensores de presencia”, la cual es presentada mediante una banda transportadora en la cual se posicionan bloques de diferentes materiales. Teniendo la mayoría de las respuestas positivas se obtiene que la animación es apropiada para mostrar el funcionamiento de los sensores de presencia en un entorno industrial.

Tabla 5 Tabulación de la pregunta 4

PREGUNTA 4	# DE ESTUDIANTES2
Muy de acuerdo	17
5	12
4	7
3	3
2	0
1 Muy en desacuerdo	0
TOTAL	39

3.1.5 PREGUNTA 5

5. ¿Considera que las dos prácticas relacionadas con los sensores de presencia fueron interactivas?

37 respuestas

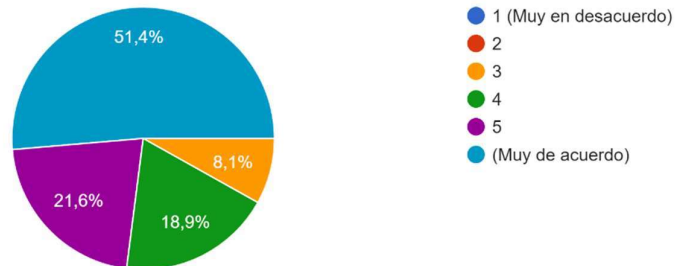


Figura 52 Resultados de la pregunta 5

La pregunta 5 ha sido orientada a evaluar el diseño general de las prácticas logrando que sean interactivas, la mayoría de los estudiantes ha considerado que esto es cierto, por lo que se puede concluir que la interfaz de usuario es clara y lo suficientemente sencilla para ser utilizada por cualquier persona.

Tabla 6 Tabulación de la pregunta 5

PREGUNTA 5	# DE ESTUDIANTES
Muy de acuerdo	19
5	8
4	7
3	3
2	1
1 Muy en desacuerdo	1
TOTAL	39

3.1.6 PREGUNTA 6

6. ¿Considera que la información dentro de la aplicación le permite reforzar su conocimiento respecto al principio de funcionamiento de los diferentes sensores de presencia?

39 respuestas

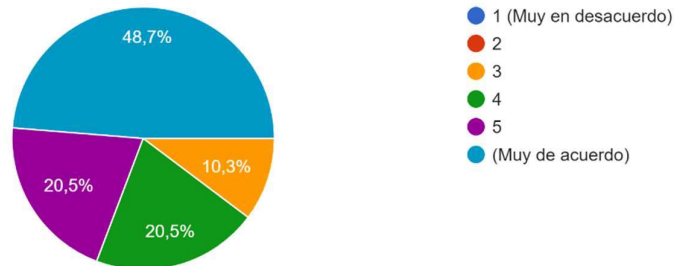


Figura 53 Resultados de la pregunta 6

La pregunta 6 permite evaluar la información correspondiente al principio de funcionamiento de cada sensor de presencia. Teniendo casi en su totalidad respuestas positivas se concluye que la información presentada, a pesar de ser corta, es suficiente para entender el funcionamiento de los sensores.

Tabla 7 Tabulación de la pregunta 6

PREGUNTA 6	# DE ESTUDIANTES2
Muy de acuerdo	19
5	8
4	8
3	4
2	0
1 Muy en desacuerdo	0
TOTAL	39

3.1.7 PREGUNTA 7

¿Considera que en la práctica “Aplicación de los sensores de presencia” los diferentes materiales utilizados en la simulación de la banda transportadora (madera, metal y vidrio) ayudan a establecer el uso de cada sensor de presencia?

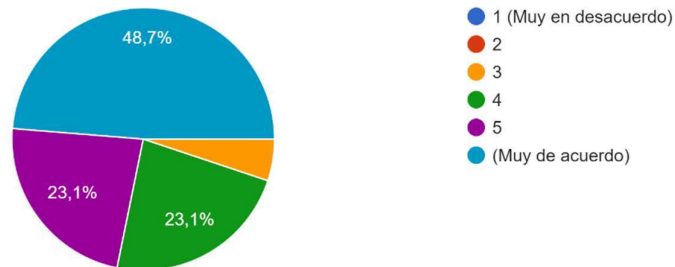


Figura 54 Resultados de la pregunta 7

En la práctica “Aplicación de los sensores de presencia” se han utilizado tres materiales (madera, metal y vidrio). Esta pregunta es orientada a evaluar si la cantidad de materiales utilizados es suficiente para diferenciar las capacidades de detección de cada sensor. Teniendo la mayoría de respuestas positivas se puede concluir que no es necesario aumentar más materiales a esta aplicación.

Tabla 8 Tabulación de la pregunta 7

PREGUNTA 7	# DE ESTUDIANTES3
Muy de acuerdo	19
5	9
4	9
3	2
2	0
1 Muy en desacuerdo	0
TOTAL	39

3.1.8 PREGUNTA 8

8. ¿Recomendaría esta aplicación para personas interesadas en conocer los sensores de presencia?

38 respuestas

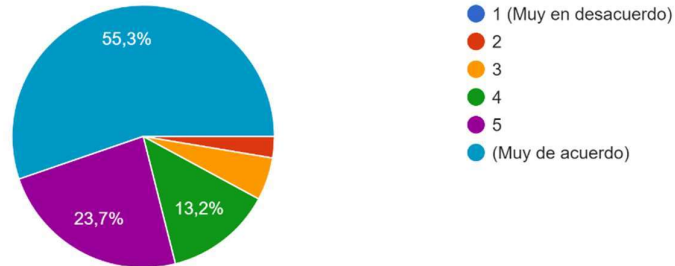


Figura 55 Resultados de la pregunta 8

La pregunta 8 está orientada a conocer si los estudiantes creen que la aplicación puede ser utilizada por personas interesadas en conocer el funcionamiento de los sensores de presencia. La mayoría de los estudiantes ha considerado que la aplicación si puede ser utilizada por otras personas.

Tabla 9 Tabulación de la pregunta 8

PREGUNTA 8	# DE ESTUDIANTES ⁴
Muy de acuerdo	21
5	9
4	5
3	2
2	2
1 Muy en desacuerdo	0
TOTAL	39

3.1.9 PREGUNTA 9

9. ¿Considera usted que la manipulación del entorno virtual de las prácticas de los sensores de presencia ha sido intuitiva?

39 respuestas

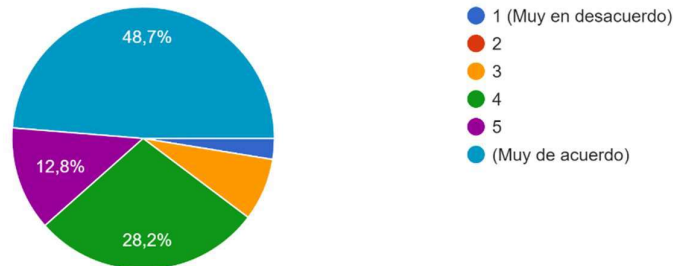


Figura 56 Resultados de la pregunta 9

La pregunta 9 ha sido planteada para evaluar si el diseño de la práctica y su manejo se dan de forma intuitiva, esto quiere decir que los estudiantes no necesitan de instrucciones complicadas para completar la práctica. Teniendo respuestas mayormente positivas se concluye que el entorno virtual ha sido efectivamente intuitivo.

Tabla 10 Tabulación de la pregunta 9

PREGUNTA 9	# DE ESTUDIANTES
Muy de acuerdo	19
5	5
4	11
3	3
2	0
1 Muy en desacuerdo	1
TOTAL	39

3.1.10 PREGUNTA 10

¿Tiene algún comentario adicional o sugerencia para mejorar las prácticas relacionadas a los sensores de presencia?

Comentarios destacados:

- *“Una práctica muy interactiva, adicionalmente con los diseños en 3D se permite visualizar de manera más clara como usar e implementar este tipo de circuito, con*

su respectivo circuito de control y potencia, finalmente se presentó de manera muy clara la parte constitutiva de cada sensor y su principio de transductor.”

- *“La aplicación tienes los elementos necesarios para el estudio de los sensores en el área industrial.”*
- *“En cuanto al material relacionado de la práctica es correcto y es perfecto para emular el funcionamiento.”*

3.2 CONCLUSIONES

Mediante la investigación bibliográfica acerca de los sensores de presencia y su principio de funcionamiento, así también como la investigación sobre el entorno de programación Unity3D se logró crear una aplicación enfocada al laboratorio de Sensores y Transductores de la Escuela Politécnica Nacional.

Gracias a la combinación de los softwares Unity3D y AutoCAD 3D se logró crear un software interactivo con los modelos detallados de los sensores de presencia y los elementos relacionados a las prácticas. Esto ha proporcionado una experiencia de aprendizaje completa y realista del funcionamiento de los sensores de presencia.

Se ha logrado simular la aplicación real de los sensores de presencia en la industria, lo que permite a los estudiantes comprender cómo se utilizan en situaciones reales, lo que puede despertar su interés en el tema y motivarlos a aprender más sobre él.

Las encuestas realizadas demuestran que el desarrollo del entorno virtual de sensores de presencia es una herramienta efectiva para el aprendizaje, siendo este un complemento de enseñanza en un laboratorio físico para que los estudiantes puedan familiarizarse con la estructura y el principio de funcionamiento de los sensores.

La realimentación recibida por los estudiantes ha sido mayoritariamente positiva, destacando la interactividad y utilidad del entorno virtual. Además, se ha comprobado que la información relacionada a los sensores de presencia se ha presentado de forma clara y concisa.

3.3 RECOMENDACIONES

El uso del entorno virtual desarrollado puede ser de gran ayuda para el laboratorio de Sensores y Transductores siendo un complemento esencial para el aprendizaje de los estudiantes. La manipulación de los elementos y la visualización interna de los sensores

puede ayudar a entender mejor su funcionamiento, ya que la manipulación intrusiva de los sensores muchas veces no es posible en el laboratorio físico.

Para trabajos futuros es recomendable que se pueda ampliar la aplicación a diferentes dispositivos como celulares para que esta herramienta sea más accesible para los estudiantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Y. Guo, «MDPI,» Differential Structure of Inductive Proximity Sensor, Mayo 2019. [En línea]. Available: <https://www.mdpi.com/1424-8220/19/9/2210>.
- [2] G. FERNANDEZ, SENSORES MAGNÉTICOS E INDUCTIVOS, PACHUCA, 2005.
- [3] OMCH, «Inductive Proximity Sensor,» [En línea]. Available: <https://www.omch.co/inductive-proximity-sensor/>.
- [4] J. Mayné, Sensores acondicionadores y procesadores de señal, SILICA, 2003.
- [5] R. Moheimani, «Recent Advances on Capacitive Proximity Sensors: From Design and Materials to Creative Applications,» Journal of Carbon Research, 2022.
- [6] Z. Chunjiao, «The Application and Development of Photoelectric Sensor,» Intelligence Computation and Evolutionary Computation. Advances in Intelligent Systems and Computing, 2013. [En línea]. Available: https://doi.org/10.1007/978-3-642-31656-2_91.
- [7] Unity, «Unity,» [En línea]. Available: <https://unity.com/es/how-to/beginner-video-game-resources>. [Último acceso: 27 6 2023].
- [8] C. 101. [En línea]. Available: <https://components101.com/switches/5v-single-channel-relay-module-pinout-features-applications-working-datasheet>. [Último acceso: 30 07 2023].
- [9] AutoDesk, «CAD Software,» [En línea]. Available: <https://www.autodesk.com/solutions/3d-cad-software>.