

Diseño, fabricación e implementación de tarjeta didáctica de entrenamiento para plataforma ESP32 aplicada en cursos de programación

Machado-Díaz, E¹; Flores-Prince, C. U.¹; Coto-Fuentes, H¹

Datos de Adscripción:

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM): Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, División de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Av. Tecnológico No. 1555 Sur Periférico Gómez - Lerdo Km. 14.5, Ciudad Lerdo, Durango; México. C.P. 35150.
eduardo.md@itslerdo.edu.mx

Resumen - El ESP32 es un microcontrolador de bajo costo y alto rendimiento que se ha convertido en una de las opciones más populares para proyectos de Internet de las cosas (IoT) y dispositivos embebidos debido a su versatilidad, conectividad, potencia de procesamiento y bajo consumo. Así como su facilidad para desarrollar aplicaciones utilizando lenguajes de programación conocidos como C++ y Python.

Derivado de lo anterior, es necesaria la capacitación profesional en este tipo de plataformas que sea entendible y de fácil acceso para aquellas personas que tienen conocimientos básicos en las áreas de electrónica y programación en general.

En el presente proyecto se plantea el diseño, fabricación y validación de una tarjeta entrenadora para ESP32, así como su implementación en un taller de formación profesional para su posible aplicación en cursos de diferentes materias relacionadas con la automatización.

La placa entrenadora cuenta con elementos comunes para el aprendizaje del diseño de sistemas a base de microcontroladores como lo son: diodos emisores de luz, botones pulsadores en diferentes configuraciones, bocina piezoeléctrica, conexión para dispositivos de comunicación I2C y sensores para adquisición de datos analógicos y digitales.

Con lo anterior, se planeó e impartió un curso - taller piloto de programación brindado a docentes relacionados con las áreas de electrónica, automatización y programación, esto como validación del uso para el que fue diseñada la tarjeta entrenadora. Los resultados obtenidos fueron satisfactorios, teniendo una buena aceptación durante el procedimiento de evaluación del curso - taller.

Palabras Clave – Entrenadora, ESP32, Microcontrolador, Programación, Tarjeta

Abstract - The ESP32 is a low-cost, high-performance microcontroller that has become one of the most popular choices for The Internet of Things (IoT) projects and embedded devices due to its versatility, connectivity, processing power, and low power consumption. Additionally, it offers ease of application development using well-known programming languages such as C++ and Python.

Based on the aforementioned advantages, there is the need for professional training on these platforms that is understandable and easily accessible for individuals with basic knowledge in electronics and programming fields.

This project aims to design, manufacture, and validate an ESP32 development board, as well as its implementation in a professional training workshop for potential use in courses related to automation and various other subjects.

The development board includes common elements for learning microcontroller-based system design, such as light-emitting diodes, push buttons in different configurations, a piezoelectric buzzer, an I2C communication interface, and sensors for acquiring analog and digital data.

Based on these considerations, a pilot programming course and workshop were planned and conducted for educators in the fields of electronics, automation, and programming. This was done to validate the intended use of the development board. The results obtained were satisfactory, and the course and workshop were well-received during the evaluation process.

Keywords – Board, ESP32, Microcontroller, Programming, Trainer.

I. INTRODUCCIÓN

Este artículo se centra en el desarrollo de una tarjeta de entrenamiento específicamente diseñada para microcontroladores ESP32, con el objetivo de promover la educación superior mediante el aprendizaje práctico. La tarjeta de entrenamiento proporciona un entorno de desarrollo completo y accesible, que permite a los estudiantes experimentar y explorar las capacidades del ESP32 de una manera estructurada y guiada.

1.1 Microcontroladores

Los microcontroladores son dispositivos electrónicos altamente integrados que combinan una unidad de procesamiento central (CPU), memoria, periféricos de entrada/salida y otros componentes en un solo chip. Estos chips están diseñados para ejecutar instrucciones específicas y controlar el funcionamiento de sistemas y dispositivos electrónicos (Valdés & Pallas Areny, 2007).

La principal característica de los microcontroladores es su capacidad para realizar tareas de control y procesamiento en tiempo real. Son utilizados en una amplia gama de aplicaciones donde se requiere un control preciso y eficiente. Algunas de las aplicaciones más importantes de los microcontroladores son las siguientes (Usategui, 2003):

- **Automatización industrial:** Los microcontroladores son ampliamente utilizados en la automatización industrial para controlar y supervisar procesos. Se utilizan en sistemas de control de motores, controladores de temperatura, sistemas de iluminación, sistemas de seguridad, entre otros.
- **Electrónica de consumo:** Los microcontroladores están presentes en numerosos dispositivos electrónicos de consumo, como electrodomésticos, equipos de audio y video, sistemas de navegación GPS, relojes digitales, juguetes electrónicos y muchos más. Permiten el control y la interacción con estos dispositivos.
- **Automoción:** En la industria automotriz, los microcontroladores se utilizan para controlar una amplia variedad de sistemas, como el control del motor, sistemas de seguridad, sistemas de entretenimiento y navegación, sistemas de control de tracción, sistemas de frenado antibloqueo (ABS) y muchos otros sistemas de control en el vehículo.
- **Telecomunicaciones:** Los microcontroladores se encuentran en dispositivos de telecomunicaciones como routers, módems, teléfonos móviles, sistemas de comunicación por satélite y otros dispositivos de red. Ayudan a gestionar y controlar la comunicación y el procesamiento de datos en estos sistemas.
- **Sistemas embebidos:** Los microcontroladores son la columna vertebral de los sistemas embebidos, que se encuentran en una amplia gama de aplicaciones, como sistemas de control de dispositivos médicos, sistemas de control de vuelo en aeronaves, sistemas de seguridad, dispositivos de control de acceso y sistemas de control de iluminación en edificios.

Estas son solo algunas de las aplicaciones más comunes de los microcontroladores. Su versatilidad y capacidad de control los convierten en componentes fundamentales en la electrónica moderna, y su uso continúa expandiéndose a medida que la tecnología avanza y se desarrollan nuevas aplicaciones (Martínez, 2006).

1.2 Microcontrolador ESP32

El ESP32® es un microcontrolador de bajo costo y bajo consumo de energía desarrollado por Espressif System®. Se basa en una arquitectura de 32 bits y cuenta con un núcleo de procesador Xtensa LX6® de doble núcleo que puede funcionar a una velocidad de reloj de hasta 240 MHz.

El microcontrolador incluye una amplia variedad de interfaces de comunicación, como Wi-Fi, Bluetooth, Bluetooth de baja energía (BLE), UART, SPI, I2C, I2S, PWM y ADC. Además, tiene una memoria RAM de hasta 520 KB y una memoria flash de hasta 16 MB. Su conectividad Wi-Fi 802.11 b/g/n permite la comunicación inalámbrica con redes locales y acceso a Internet, mientras que la integración de Bluetooth y BLE le permite conectarse con dispositivos móviles y otros dispositivos habilitados para Bluetooth (Pravalika, 2019).

El ESP32 destaca por su bajo consumo de energía, su seguridad incorporada con encriptación AES, RSA, ECC, SHA y funciones de cifrado, y su capacidad de procesamiento para manejar tareas complejas y ejecutar múltiples hilos. Es ampliamente utilizado en aplicaciones IoT, como sensores,

sistemas de automatización del hogar, entre otros. (Babiuch, 2019).

1.3 Importancia de los microcontroladores en la educación

En la era actual, la educación superior está experimentando una transformación significativa, donde el énfasis se está desplazando gradualmente de un enfoque teórico tradicional hacia una educación práctica y basada en proyectos. En este contexto, los microcontroladores han demostrado ser herramientas poderosas que facilitan la integración entre la teoría y la práctica, permitiendo a los estudiantes adquirir habilidades y conocimientos de manera más efectiva (Niño Vega, Martínez Díaz, & Fernández Morales, 2017).

Uno de los microcontroladores más populares y versátiles en la actualidad es el ESP32, ampliamente utilizado en aplicaciones de IoT (Internet de las cosas), robótica y sistemas embebidos.

La importancia de este tipo de dispositivos en la educación superior radica en varios aspectos clave. En primer lugar, los microcontroladores ESP32 son asequibles y ampliamente disponibles, lo que reduce las barreras económicas para su adquisición y permite a las instituciones educativas integrar los fácilmente en sus programas académicos. Además, el ESP32 cuenta con una amplia comunidad de desarrolladores y una gran cantidad de recursos educativos en línea, lo que facilita el acceso a información y la colaboración en proyectos (Domínguez Mínguez, 2020).

En segundo lugar, el aprendizaje práctico utilizando microcontroladores fomenta el pensamiento crítico y la resolución de problemas de manera tangible. Los estudiantes pueden enfrentarse a desafíos reales, implementar soluciones prácticas y observar los resultados en tiempo real. Esto no solo mejora su comprensión teórica, sino que también desarrolla habilidades prácticas relevantes para su futura carrera profesional (Padilla & Jaén Martínez, 2018).

En tercer lugar, la tarjeta de entrenamiento para microcontroladores ESP32 proporciona un entorno seguro y controlado para experimentar. Los estudiantes pueden realizar pruebas, depurar programas y explorar diferentes configuraciones sin el riesgo de dañar equipos costosos o componentes delicados. Esta facilidad de uso y flexibilidad inherente a la tarjeta de entrenamiento brinda a los estudiantes la confianza necesaria para adentrarse en la electrónica y la programación de microcontroladores (Guevara Vásquez, 2022).

1.4 Tarjetas de entrenamiento de microcontroladores

Las tarjetas entrenadoras para microcontroladores desempeñan un papel importante en el desarrollo y la implementación de proyectos basados en estos dispositivos. Estas tarjetas proporcionan un entorno de desarrollo listo para usar que incluye todas las conexiones y componentes necesarios, lo que permite un acceso rápido al hardware y facilita el prototipado rápido.

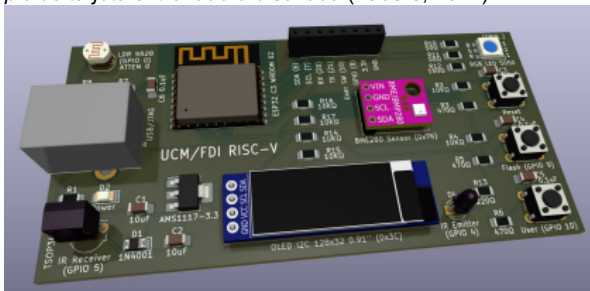
La versatilidad y escalabilidad de las tarjetas entrenadoras permiten adaptar el hardware a diferentes aplicaciones y expandir sus capacidades según sea necesario. Además, estas tarjetas suelen integrarse con herramientas de desarrollo populares, simplificando el proceso de programación y acelerando el tiempo de comercialización.

Este tipo de dispositivos son herramientas valiosas que agilizan el desarrollo de proyectos, brindan soporte y facilitan la implementación de soluciones basadas en microcontroladores.

Existen proyectos enfocados en la realización de este tipo de tarjetas, enfocadas en aplicaciones particulares. Ejemplo de ello se puede ver en el trabajo realizado por (Fabero, 2022), donde se realizó una tarjeta con elementos principales utilizando tecnología de montaje superficial. Se hace énfasis en que se aplica para diversas materias. Sin embargo, no tiene un enfoque particular. Así mismo, solamente es el hardware sin un curso, también el hecho de que esté fabricado en montaje superficial dificulta su fabricación con la tecnología común en las universidades y su mantenimiento preventivo y correctivo. En la Figura 1, se muestra la placa diseñada.

Figura 1

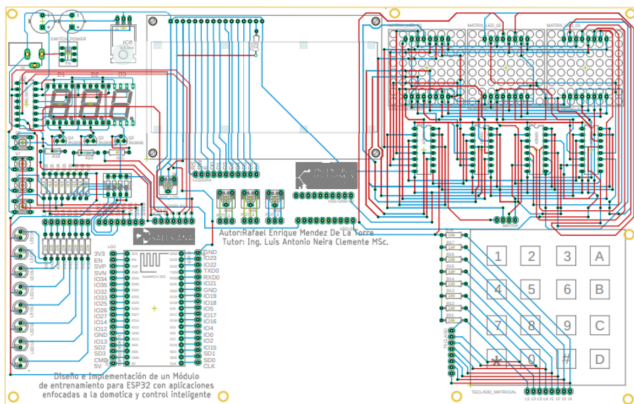
Ejemplo de tarjeta entrenadora diseñada (Fabero, 2022).



Otro ejemplo es el diseñado por (Méndez de la Torre, 2022), el cual tiene como objetivo el diseño e implementación de un módulo de entrenamiento utilizando el procesador ESP32 para aplicaciones enfocadas a la Domótica, derivado de las necesidades de los laboratorios de microcontroladores para realizar prácticas de una forma más fácil para los alumnos. Creando la PCB y una interfaz visual para su control. La Figura 2 muestra el diseño creado por Méndez

Figura 2

Diseño de tarjeta PCB creado por Méndez.



El proyecto anteriormente citado, presenta una propuesta difícil de elaborar con herramientas convencionales, ya que está creada a dos caras de la tarjeta PCB y tiene elementos poco comunes para tarjetas de entrenamiento como lo son las matrices de LED. Se puede observar también que el tamaño de

las pistas de conexión es pequeño, dificultando su elaboración con los métodos tradicionales de fabricación utilizado en la mayoría de los institutos de estudios superiores o medio superior.

Derivado de lo anteriormente descrito, se procedió al diseño de una tarjeta entrenadora para ESP32 que fuera aplicable en cursos de microcontroladores, que sea de fácil fabricación y mantenimiento y que contuviera los dispositivos más utilizados en los cursos mencionados.

II. PARTE TÉCNICA

2.1 Especificaciones de diseño de la tarjeta

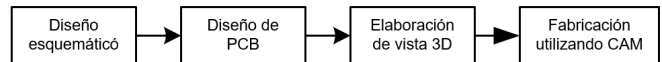
La tarjeta entrenadora se diseñó en base a las características que se mencionan a continuación:

- Fácil fabricación: Que fuera realizable mediante procesos de transferencia térmica o maquinado CNC con la finalidad de que fuera replicable en caso de requerir más cantidad.
- Elementos comunes: Utilizar dispositivos que sean de fácil adquisición dentro de la región (Comarca Lagunera, México) así como de soldar y de uso común en prácticas de microcontroladores a diferentes niveles.
- Tamaño reducido: Tener dimensiones máximas de 10x10cm para su almacenaje y transporte entre los estudiantes y docentes que hagan uso de ella.

La elaboración del proyecto de la tarjeta puede dividirse en 4 etapas principales que se muestran en el diagrama de flujo de la Figura 3.

Figura 3

Ejemplo de tarjeta entrenadora diseñado por Fabero.

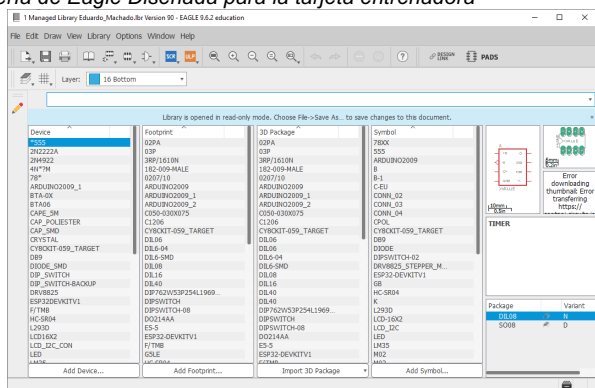


Cada una de las fases fue realizada utilizando software especializado. En este caso la suite Fusion 360® de Autodesk® mediante una licencia educativa.

2.2 Diseño de diagrama esquemático.

Para el diseño esquemático se utilizó el software de Eagle® en su versión 9.6.2 con la licencia educativa. En este punto es importante recalcar que se crearon las librerías de todos los componentes a utilizar para que estuvieran acordes con aquellos que fueron usados en el montaje. Es decir, se diseñaron los símbolos, los footprint (huellas de PCB) y se les adjuntó un diseño CAD en 3D (este último tomado de páginas de uso libre como lo es GrabCAD). En la Figura 4 se muestra la librería diseñada.

Figura 4
Librería de Eagle Diseñada para la tarjeta entrenadora



Una vez creadas las librerías, se procedió a la conexión de los circuitos de acuerdo a los elementos elegidos que enlistan a continuación.

- 6 diodos LED de diferentes colores
- 2 botones pulsadores en configuración Pull – Up.
- Conexión para dispositivos I2C.
- Zumbador pasivo.
- Conexiones macho multipropósito.
- Potenciómetro de precisión (TRIMPOT).
- Sensor de temperatura LM35.
- Sensor ultrasónico HC-SR04.

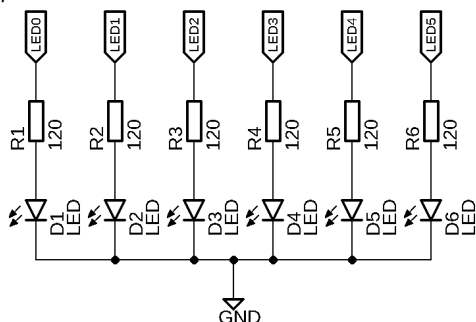
Los diodos LED se conectaron a partir del esquema de un circuito serie donde la fuente de alimentación es la salida a utilizar el microcontrolador. Se consideraron pines que estuvieran próximos unos de otros para facilitar su ruteo en el software de la PCB.

La resistencia se calculó a partir de la resolución de un circuito serie a partir de (1). Tomando como voltaje de entrada los 3.3V que brinda el ESP32 y una corriente aproximada de 20mA. El voltaje de LED se propone de 1.5V debido a que es el promedio utilizado por la mayoría de los colores.

$$R = \frac{V_{in} - V_{led}}{I_{led}} = \frac{3.3V - 1.5V}{20 \times 10^{-3}A} = 90\Omega \quad (1)$$

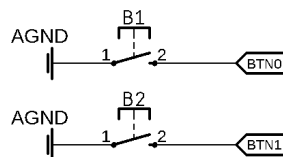
De acuerdo a los cálculos anteriores y tomando el valor más cercano y común, así como posible uso de LED de distintos colores se optó por una resistencia de 120Ω. Por lo que el circuito de los diodos LED es que se muestra en la Figura 5.

Figura 5
Diseño esquemático de conexión de LEDs



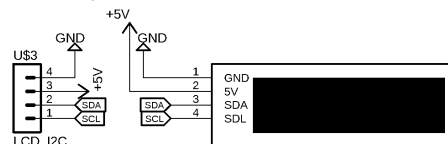
En el caso de los botones, se aprovecharon las resistencias internas de pull – up del ESP32 para hacer mejor uso del espacio en la placa. La conexión, de acuerdo al manual del fabricante es el que se muestra en la Figura 6.

Figura 6
Diseño esquemático de botones



La conexión para dispositivos I2C se colocó de forma genérica de acuerdo a la distribución de las pantallas LCD comúnmente utilizadas. Sin embargo, al ser conectores hembra pueden aplicar para cualquier dispositivo siempre que se respete el orden de los pines. El ejemplo para el uso de una pantalla se muestra en la Figura 7. En este apartado, es importante mencionar que la alimentación positiva es de 5V obtenidos del regulador de la placa, pues algunos dispositivos I2C no son compatibles en alimentación con la lógica de 3.3V.

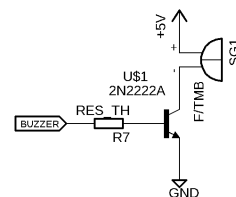
Figura 7
Diseño esquemático para conexión I2C.



Con el objetivo de hacer prácticas encaminadas al uso de temporizadores y modulación por ancho de pulso, se colocó un zumbador pasivo. La elección de un pasivo es debido a que este tipo de zumbador permite generar un sonido a una frecuencia establecida, mientras que el pasivo solamente genera una señal audible del periodo para el que está fabricado. El diagrama de conexión se presenta en la Figura 8.

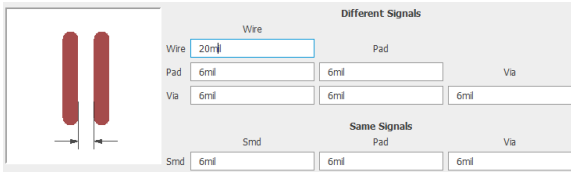
Se observa la presencia de un transistor, esto ya que, si bien es posible conectar el zumbador directamente a la salida del microcontrolador, se pretendió incrementar la corriente que circulara por él para generar un sonido de mayor alcance.

Figura 8
Diseño esquemático para acondicionamiento de zumbador.



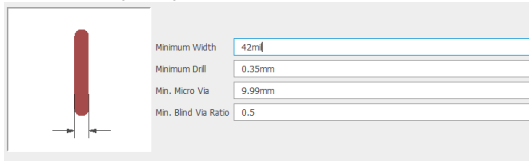
Tomando en cuenta que es necesario conectar otros dispositivos al microcontrolador ajenos a los colocados en la placa de circuito impreso, se colocaron conectores multipropósito, es decir, pueden adaptarse para la conexión de cualquier dispositivo. La distribución seleccionada es la utilizada para servomotores y que puede adaptarse para cualquier dispositivo en general. La Figura 9 presenta el ejemplo de las conexiones.

Figura 13
Reglas de diseño de distancia para circuito impreso



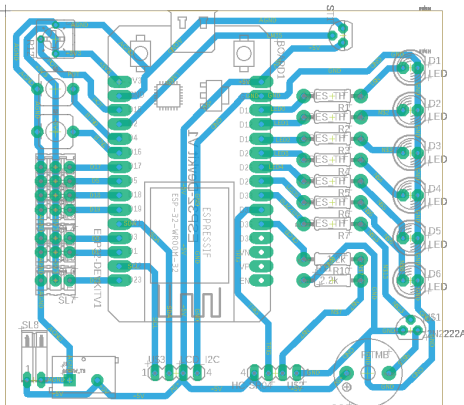
Posteriormente se colocan las reglas de ancho de pista y taladros mínimos. En base a lo anteriormente descrito del método de fabricación se establecieron los anchos de pista y taladros de la Figura 14. Es importante mencionar que este proceso se facilita en gran medida debido al diseño de las librerías propias, donde se extendió el tamaño de las huellas y los taladros, por lo que las reglas a colocar están acordes a ello.

Figura 14
Reglas de ancho de pista para el diseño PCB



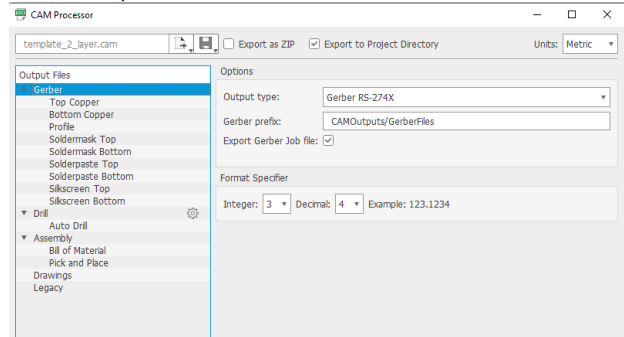
Con las reglas establecidas, se hizo el ruteo o las conexiones de los elementos. Haciendo uso de las normas básicas para diseño de circuitos impresos, las rutas fueron hechas evitando realizar ángulos de 90° pues esto genera un desgaste a largo plazo, así como señales de ruido eléctrico. El circuito diseñado es el que se muestra en la Figura 15.

Figura 15
Propuesta de diseño PCB.



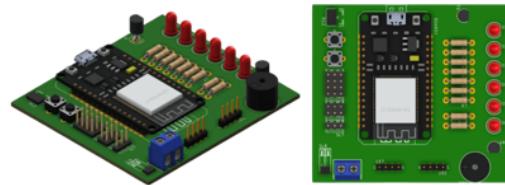
Ya con el diseño PCB realizado se optó por utilizar el método de maquinado CNC para su fabricación. Para ello, se exportaron los archivos CAM a través del software Eagle® usando la herramienta de procesador CAM que se muestra en la Figura 16. En este apartado es importante considerar el formato de exportación, así como las unidades.

Figura 16
Opciones de exportación de archivos CAM.



Como método de comprobación se procedió a realizar una visualización 3D de la placa para verificar que todos los elementos se encuentren accesibles al usuario, esto fue realizado utilizando la herramienta Fusion 360® con los modelos generados en la biblioteca. La visualización 3D se puede observar en la Figura 17.

Figura 17
Vista 3D de la placa de circuito impreso



III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Fabricación de la tarjeta entrenadora.

Con la placa terminada, se procedió a su fabricación utilizando el router CNC. Posteriormente, se montaron y soldaron los componentes obteniendo el resultado que se muestra en la Figura 18. Puede observarse que la visualización 3D generada se ve plasmada en la realidad.

Así mismo, por el método de fabricación, las pistas tienen el tamaño correcto. Sin embargo, para ahorrar tiempo de maquinado se optó por sólo maquinar el contorno de las pistas lo cual no afecta su funcionamiento, pero sí dificulta el proceso de soldadura.

Figura 18
Vista 3D de la placa de circuito impreso



3.2 Diseño del curso de aplicación de la tarjeta

Para validar la utilidad y el funcionamiento de la tarjeta entrenadora, se diseñó un curso presencial para docentes del posgrado de la maestría en Ingeniería en Mecatrónica del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo. El curso se planeó para

una duración de 30 horas de forma presencial y con participantes con conocimientos básicos de electrónica y programación.

Siguiendo las pautas anteriormente descritas se plantearon las competencias a desarrollar que se presentan a continuación.

- Conocer y adquirir los conocimientos básicos de microcontroladores ESP
- Manejar las operaciones fundamentales con variables y estructuras de datos en C++ aplicados en el lenguaje de programación Arduino.
- Aplicar dispositivos electrónicos para la solución de problemas comunes en la enseñanza de los microcontroladores.
- Desarrollar aplicaciones de comunicación inalámbrica básica utilizando diferentes tecnologías.

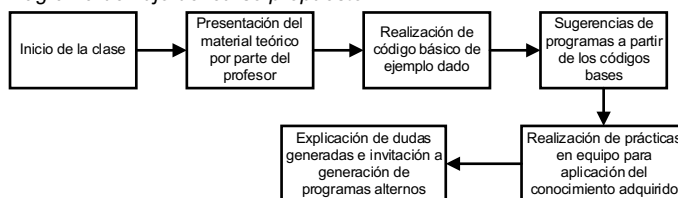
Así mismo, se planeó el curso con los temas que se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1
Planeación de temas y actividades de aprendizaje del curso.

Temas/Subtemas	Actividades de aprendizaje
Introducción 1. Conceptos básicos de microcontroladores 2. Introducción al ESP32 3. ESP32 utilizando el IDE de Arduino. 4. Variables y tipos de datos	<ul style="list-style-type: none"> • Examen teórico virtual en plataforma. • Estudio del material didáctico disponible. • Conexión básica del ESP32 con el IDE de Arduino.
Salidas Digitales 1. Diagramas de tiempos 2. Uso de salidas digitales y retardos 3. Secuencias 4. Ciclos y arreglos	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de aplicaciones utilizando salidas digitales del ESP32. • Aplicación de salidas digitales en semáforos peatonales, secuencias de luces y generación de frecuencias.
Entradas digitales 1. Manejo básico de botones 2. Condicionales lógicos 3. Estructura IF 4. Secuencias condicionales	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de aplicaciones utilizando entradas digitales del ESP32. • Aplicación de entradas digitales para condicionamiento de eventos.
Elementos de visualización 1. Pantallas de cristal líquido. 2. Display de 7 segmentos	<ul style="list-style-type: none"> • Implementación de programas utilizando elementos de visualización.
Aplicaciones 1. Medición de distancia 2. Conversor análogo - digital 3. Medición de temperatura con LM35 4. Reloj de tiempo real 5. Modulación por ancho de pulsos 6. Control de motores de D.C. 7. Conversor digital – análogo	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de aplicaciones utilizando diversos dispositivos electrónicos. • Medición de variables analógicas (temperatura y distancia). • Desarrollo de programas utilizando reloj de tiempo real. • Aplicación del PWM en control de motores de C.D. y servomotores.
Comunicación 1. Manejo de cadenas 2. Puerto Serie 3. ESP Now 4. Bluetooth	<ul style="list-style-type: none"> • Proyecto final de comunicación de variables • Creación de aplicaciones Android utilizando App Inventor.

Las actividades del curso se dividieron en prácticas con la finalidad de enfocarse más en la aplicación del conocimiento, pues la teoría fue brindada por el instructor. Las clases del curso se desarrollaron a partir del diagrama de flujo que se muestra en la Figura 19.

Figura 19
Diagrama de flujo del curso propuesto.



Así mismo, el material didáctico muestra información teórica básica, código de ejemplo, estructura de las instrucciones utilizadas, así como propuestas de aplicación. Ejemplo de una diapositiva creada utilizando Microsoft Power Point® se ve en la Figura 20.

Figura 20
Ejemplo de material didáctico utilizado en el curso



3.3 Resultados de la implementación del curso.

El curso se implementó en la semana de capacitación profesional teniendo una participación de 13 docentes de las áreas de posgrado, electrónica, sistemas computacionales y sistemas automotrices. En la Figura 21 se observa la impartición del curso



Figura 21
Foto de evidencia de impartición del curso.

Se utilizaron 5 tarjetas entrenadoras, siendo los equipos de 3 personas con la finalidad de complementar los conocimientos de los integrantes y facilitar la resolución de las dudas debido al tiempo programado para el curso.

La evaluación final del curso (avalada por el departamento de desarrollo académico del Instituto) son las que se muestran en la Tabla 2

Tabla 2

Resultado de promedios de evaluación de contenido

Preguntas de evaluación de contenido	Calificación
1.-El tema del curso le pareció	10.00
2.- El programa del curso le pareció	10.00
3.- La secuencia y coherencia de los contenidos	10.00
4.- El material de apoyo y lectura	10.00
5.- El logro de objetivos propuestos se lograron	10.00
6.- Los temas tratados tienen aplicación y enriquecen el desarrollo de mi trabajo	10.00
7.- El contenido del Curso permite mejorar mis áreas de oportunidad	10.00
8.- La aplicación de los conocimientos adquiridos impactarán favorablemente en el aprendizaje de mis alumnos	10.00
9.- En general el curso me pareció	10.00
Promedio de evaluación del contenido	10.00

IV. CONCLUSIONES

El diseño y la implementación de una tarjeta entrenadora para el microcontrolador ESP32 ha demostrado ser una herramienta valiosa en la formación profesional de docentes en el campo de la electrónica y la programación.

Esta tarjeta, que incluye elementos comunes y prácticos para el aprendizaje de sistemas basados en microcontroladores, ha sido validada a través de un curso piloto dirigido a docentes de nivel superior. Los resultados obtenidos han revelado una gran aceptación por parte de los participantes, lo que resalta la relevancia y utilidad de esta herramienta en la enseñanza de cursos relacionados con la automatización y otras materias afines.

Es importante destacar que la capacitación docente continua y práctica es crucial en la actualidad, dado el rápido avance de la tecnología y la creciente demanda de habilidades en el campo de la IoT y los dispositivos embebidos. La disponibilidad de la tarjeta entrenadora proporciona una oportunidad valiosa para que los docentes adquieran conocimientos y experiencia en el uso del microcontrolador ESP32, así como en la implementación de proyectos reales.

La capacitación docente práctica fomenta el aprendizaje activo y la adquisición de habilidades concretas, lo que a su vez permite a los docentes transmitir mejor ese conocimiento a sus alumnos. Al familiarizarse con esta tarjeta entrenadora, los docentes pueden incorporar prácticas y proyectos relacionados con el ESP32 en sus cursos, brindando a los estudiantes una experiencia de aprendizaje más enriquecedora y aplicada.

La implementación de una tarjeta entrenadora para el microcontrolador ESP32 y su inclusión en cursos de formación profesional docente demuestran la importancia de la capacitación continua y práctica. Esta herramienta facilita la adquisición de habilidades en el uso de microcontroladores y la implementación de proyectos de IoT y dispositivos embebidos. Al fortalecer las capacidades de los docentes, se promueve una educación de calidad y actualizada, preparando a los estudiantes para los desafíos tecnológicos del futuro.

Con la fabricación de las tarjetas entrenadoras el Instituto Tecnológico Superior de Lerdo puede poner a disposición cursos de capacitación profesional encaminados a aplicaciones IoT utilizando el ESP32, siendo ésta una forma de promoción y obtención de convenios con el sector empresarial y educativo.

V. AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos al Tecnológico Nacional de México (TecNM): Instituto Tecnológico Superior de Lerdo por las facilidades brindadas para la realización del presente trabajo.

También a las divisiones de Sistemas Automotrices, Electrónica y Posgrado por la facilidad para impartir el curso de capacitación para la validación del proyecto, así como todos los docentes involucrados. Muchas gracias por su cooperación y participación con sus propuestas de mejora.

VI. REFERENCIAS

- Babiuch, M. (2019). Using the ESP32 microcontroller for data processing. *20th International Carpathian Control Conference*.
- Domínguez Mínguez, T. (2020). *Desarrollo de aplicaciones IoT en la nube para Arduino y ESP8266*. España: Marcombo.
- Fabero, J. C. (2022). *Entrenador RISC-V*. Madrid: Universidad Complutense.
- Guevara Vásquez, J. J. (2022). *Diseño e implementación de plataforma de teleingeniería para prácticas en tiempo real de laboratorio a distancia de control de procesos industriales: aplicación en Laboratorio de Electrónica de ITCA-FEPADE Sede Central*. Salvador: ITCA Editores.
- Martínez, I. A. (2006). Aplicaciones de los microcontroladores. *Revista española de electrónica* 624, 82-83.
- Méndez de la Torre, R. E. (2022). *Diseño e Implementación de un Módulo de entrenamiento utilizando el procesador ESP32 para aplicaciones enfocadas a la Domótica*. Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.
- Niño Vega, J. A., Martínez Díaz, L. Y., & Fernández Morales, F. H. (2017). Entorno de aprendizaje para la enseñanza de programación en Arduino mediado por una mano robótica didáctica. *Revista Espacios*, 38.
- Padilla, D. B., & Jaén Martínez, A. (2018). Experiencia didáctica con Arduino. El aprendizaje basado en proyectos como metodología de trabajo en el aula de secundaria. *Hekademos: revista educativa digital* 25, 73-82.
- Pravalika, V. (2019). Internet of things based home monitoring and device control using Esp32. *International Journal of Recent Technology and Engineering* 8, 58-62.
- Usategui, A. (2003). *Diseño práctico de aplicaciones*. McGraw Hill.
- Valdés, F., & Pallas Areny, R. (2007). *Microcontroladores*. Barcelona: Marcombo.