



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

“Diseño de una tarjeta electrónica de entrenamiento para
aprender a programar el microcontrolador Arduino nano
ATmega168”

TITULACION INTEGRAL TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERÍA MECATRÓNICA

PRESENTA:

Erick Islas Flores

NOMBRE DEL ASESOR:

Dr. Antonio Solís Lima

Agradecimientos

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que, de diversas maneras, hicieron posible la culminación de este proyecto.

En primer lugar, a mi padre, por su invaluable apoyo económico y emocional. Su confianza inquebrantable en mis capacidades y su constante motivación fueron pilares fundamentales que me permitieron superar los desafíos inherentes a este proceso. Su respaldo incondicional fue, sin duda, un motor esencial para alcanzar esta meta.

Asimismo, extendo mi gratitud al Dr. Antonio Solís Lima, mi asesor de tesis, cuya guía experta y vasto conocimiento fueron cruciales. Sus enseñanzas, la claridad en sus explicaciones y su disponibilidad para resolver cada una de mis dudas, me proporcionaron las herramientas y la dirección necesarias para la concepción y materialización de esta investigación.

Finalmente, agradezco a mi universidad, el Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Apizaco, por haberme brindado la formación académica y los recursos necesarios para mi desarrollo profesional. A la División de Estudios Profesionales y a cada uno de los profesores que compartieron sus conocimientos a lo largo de mi carrera.

Resumen

En el proyecto "Diseño de una tarjeta electrónica de entrenamiento para aprender a programar el microcontrolador Arduino Nano ATmega168" se abordó una problemática clave en la educación técnica de nivel medio superior en México, específicamente en las áreas de electrónica y mecatrónica. Estas disciplinas fueron esenciales para la innovación en varias industrias, pero se enfrentaron al reto de la falta de laboratorios adecuadamente equipados, lo que limitó la práctica y comprensión de los estudiantes en programación de microcontroladores y circuitos electrónicos. A pesar de la creciente importancia de estas áreas debido a la transformación digital y la evolución de sectores como IoT y Big Data, instituciones como el CONALEP y CECyTEs contaron con recursos limitados para ofrecer una educación práctica eficiente.

Este proyecto propuso el desarrollo de una tarjeta electrónica de entrenamiento para aprender a programar el microcontrolador Arduino Nano ATmega168 de forma económica. La metodología incluyó el diseño de especificaciones, el diseño detallado, simulación, prototipado, pruebas individuales y pruebas de integración.

Los resultados fueron la creación de un circuito electrónico funcional y económico que fortaleciera el aprendizaje en electrónica y mecatrónica, mejorando la calidad educativa y la experiencia de aprendizaje en México. Se esperó que este desarrollo tecnológico, protegido ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI), facilitara el acceso a tecnologías avanzadas a un menor costo y promoviera su adopción en el ámbito educativo nacional.

índice

Agradecimientos.....	11
Resumen.....	III
Introducción	VII
Capítulo I: Planteamiento del problema de investigación	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Objetivos	4
1.2.1 Objetivo general	4
1.2.2 Objetivos específicos.....	4
1.3 Justificación.....	5
1.3.1 Justificación teórica.....	5
1.3.2 Justificación social	5
1.3.3 Justificación económica	6
1.4 Alcances y limitaciones.....	7
1.4.1 Alcances del proyecto	7
1.4.2 Limitaciones del proyecto	7
1.5 Viabilidad de la investigación	7
Capitulo II: Revisión del estado de la técnica.....	9
2.1 Diseño de PCB Entrenadora con Arduino Nano ATmega168	10
2.1.2 Método de Revisión	10

2.1.3 Descripción de Trabajos Relevantes	10
2.2 Revisión del estado de la técnica.....	14
2.2.1 Herramientas de Aprendizaje para Programación de Microcontroladores	15
2.2.3 Análisis Comparativo.....	15
Capítulo III: Marco Teórico	17
3.1 Normas IPC, ISO RoHS.....	17
3.2 Simulador para el Diseño de PCB.....	18
3.2.1 Tipos de simuladores de circuitos.....	18
3.2.2 Aplicaciones de los simuladores de circuitos	19
3.2.3 Ejemplos de simuladores de circuitos.....	19
3.3 Introducción a los Circuitos Electrónicos Impresos (PCB)	20
3.4 Tipos de Placas de Circuito Impreso (PCB).....	21
3.4.1 Placas de circuito de un solo lado	21
3.4.2 Placas de circuito de doble cara	22
3.4.3 Placas de circuito multicapa.....	22
3.5 Paquetería de Diseño de PCB para Microcontroladores Arduino.....	22
3.6 Microcontroladores: Conceptos Fundamentales	23
3.6.1 Diferencias entre Microprocesadores y Microcontroladores	23
3.7 Microcontrolador Arduino	24
3.8 Lenguaje de programación	25
Capítulo IV: Metodología	26

4.1 Diseño de Especificaciones	26
4.1.1 Especificaciones del PCB.	27
4.1.2 Tolerancias dimensionales de las pistas del circuito.....	27
4.1.3 Orificio de las pistas.....	28
4.1.4 Microcontrolador: Arduino Nano ATmega168.	29
4.1.5 Resistencias.....	30
4.1.6 Display de 10 segmentos bargraph.	30
4.1.7 Botones pulsadores.	31
4.1.8 Cabecera hembra.....	32
4.1.9 Cabecera macho.	32
4.1.10 Bornera.....	33
4.1.11 alimentación del circuito.....	34
4.1.12 Para la tarjeta del PCB FR-4:.....	34
4.1.13 Para el montaje del Arduino Nano ATmega168.....	35
4.1.14 Para el funcionamiento estable de componentes como el display bargraph.....	35
4.1.15 Para la alimentación de la tarjeta.	36
4.1.16 Para la interacción externa del circuito.	37
4.1.17 Para la visualización de datos.	37
4.2 Simulación.....	39
4.3 Prototipado.	39
4.4 Pruebas de individuales.....	41

4.4.1 Ensamblado de PCB	41
4.4.2 Pruebas de los componentes electrónicos del PCB.....	45
4.5 Pruebas de integración	49
Capítulo V: Resultados y Conclusiones.....	51
5.1 Resultados	51
5.2 Conclusiones	52

Introducción

La investigación surgió en respuesta a una problemática prevalente en la educación técnica en México, especialmente en los campos de electrónica y mecatrónica. Estas áreas fueron cruciales para el avance de la innovación y eficiencia en diversas industrias, siendo fundamentales en el desarrollo de tecnologías avanzadas y en la mejora de la calidad de vida. Sin embargo, la formación práctica en estas disciplinas enfrentó obstáculos significativos debido a la insuficiente infraestructura de laboratorios en instituciones educativas de nivel medio superior, como el CONALEP, CBTIS, CETIS y CECyTEs, por mencionar algunos. Esta situación limitó la capacidad de los estudiantes para adquirir conocimientos prácticos en la programación de microcontroladores, una habilidad esencial en la era digital.

En el estado del arte, se observó que, aunque existieron esfuerzos por incorporar la enseñanza de electrónica y mecatrónica en el currículo educativo, el acceso a recursos prácticos y económicos siguió siendo un desafío. En la literatura se destacó la importancia de la integración de tecnologías digitales y programación en la educación, así como el creciente interés en metodologías de enseñanza que promovieron la experiencia práctica. Sin embargo, la falta de equipamiento adecuado y la necesidad de alternativas económicas para la formación técnica fueron problemas aún no resueltos.

La metodología de este proyecto que se usó en este proyecto fue el de Cegarra Sánchez (2004) que consiste en el diseño de especificaciones, el diseño detallado, simulación, prototipado, pruebas individuales y pruebas de integración.

Utilizando el microcontrolador Arduino Nano ATmega68, enfocándose en la accesibilidad y la eficiencia costo-efectividad. Se siguieron pasos sistemáticos que incluyeron la selección de componentes económicos, el diseño del circuito, la implementación de pruebas para garantizar

su funcionalidad, y la evaluación de su aplicabilidad en contextos educativos. Esta metodología buscó ofrecer una solución práctica y asequible para superar las barreras existentes en la enseñanza técnica.

Dentro de los resultados esperados de este proyecto, se incluyeron el desarrollo de una tarjeta de entrenamiento que fue funcional, económica, y que pudo ser replicada en instituciones educativas para mejorar la enseñanza práctica en electrónica y mecatrónica. Además, se anticipó la protección de la propiedad industrial de la tarjeta de entrenamiento para asegurar el reconocimiento de la innovación y el esfuerzo intelectual, fomentando así un marco ético y legal en la innovación educativa.

La estructura de la investigación se organizó en cinco capítulos tal y como se describieron a continuación: en el capítulo 1 se presentó el planteamiento del problema, evidenciando la necesidad de abordar la falta de infraestructura práctica en la educación técnica en México. En el capítulo 2 se realizó una revisión del estado del arte, destacando los avances y los desafíos existentes en la enseñanza de electrónica y mecatrónica. En el capítulo 3 se desarrolló el marco teórico, ofreciendo una base conceptual sobre la importancia de la formación práctica y la innovación tecnológica en la educación. En el capítulo 4 se describió la metodología aplicada para el diseño y desarrollo de la tarjeta de entrenamiento. Finalmente, en el capítulo 5 se presentaron los resultados y conclusiones del proyecto, discutiendo su impacto potencial en la mejora de la educación técnica en México y la relevancia de proteger la propiedad industrial de las innovaciones educativas.

Capítulo I: Planteamiento del problema de investigación

1.1 Planteamiento del problema

La electrónica y la mecatrónica son fundamentales en la era moderna, impulsando la innovación y la eficiencia en diversas industrias. La electrónica, al ser la base de los sistemas de control y comunicaciones, facilita el desarrollo de tecnologías avanzadas, mejorando la calidad de vida y la eficiencia operativa (Rajput, 2007). Por otro lado, la mecatrónica combina mecánica, electrónica, y tecnología de la información, permitiendo el diseño de sistemas inteligentes y flexibles, que se adaptan a las necesidades cambiantes del mercado y la sociedad (Bishop, 2002). Juntas, estas disciplinas son cruciales para el desarrollo de sistemas automatizados y robóticos, vehículos autónomos, y tecnologías de manufactura avanzada, marcando el camino hacia una economía global más innovadora y sostenible.

La transformación digital es un fenómeno global impulsado por avances en áreas como IoT (Internet de las Cosas), Big Data y la computación en la nube que está redefiniendo cómo interactuamos con la tecnología. Este proceso, en gran medida, es resultado de la evolución continua en el campo de la electrónica (Schwab, 2016). A medida que estas tecnologías avanzan, se hace cada vez más imperativo que las personas adquieran conocimientos básicos en electrónica, incluida la programación de microcontroladores, habilidades fundamentales en la era digital (Brynjolfsson, 2014).

En México, el interés por la electrónica y la mecatrónica está comenzando a tomar forma entre los estudiantes de nivel bachillerato. No obstante, la inclusión de estas áreas en el currículo escolar enfrenta desafíos significativos. De los aproximadamente 260,000 planteles que incluyen la enseñanza básica, secundaria, normal y media superior en el país, aproximadamente 21,277 instituciones se ofrecen la enseñanza a nivel medio superior, parte de esas escuelas se

dedican a la formación de estudiantes con carreras técnicas. (Secretaría de Educación Pública,, 12).

Instituciones como el Centro de Estudios Científicos y tecnológicos (CECyTEs), CBTIS y el CONALEP permiten identificar programas de bachillerato técnico profesional en México. Estas instituciones se enfocan en habilitar a estudiantes con competencias prácticas y teóricas, preparándolos para ingresar a la universidad o al mercado laboral en campos específicos. Estas instituciones ofrecen educación integral: en los CECyTEs y CBTIs, combinando bachillerato general con técnico; en los CONALEPs, proporcionando formación en cerca de 48 carreras técnicas entregando certificados de bachillerato, títulos y cédulas profesionales. Estas opciones resaltan la importancia de la educación técnica profesional en el panorama educativo actual (Rivera, 2022).

Actualmente, en el CONALEP se dispone de una infraestructura compuesta por 308 instituciones educativas estratégicamente situadas en las principales urbes y distritos industriales de la nación. Además, complementa su oferta educativa y de servicios con ocho Centros de Asistencia y Servicios Tecnológicos, consolidando así su compromiso con el desarrollo técnico-profesional del país (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2010). Por otro lado, en los CECyTEs se cuenta con un amplio alcance a nivel nacional, operando 1,156 planteles distribuidos en 30 de las 32 entidades federativas de México (Subsecretaría de Educación Media Superior , 2024).

Sin embargo, aunque se puede visualizar que en México existen varias instituciones a nivel medio superior para desarrollar competencias específicas en los estudiantes, la problemática central es que en la mayoría de estas instituciones no cuentan con laboratorios equipados para

desarrollar dichas competencias. Ejemplo de están el Colegio de Bachilleres del Estado de Hidalgo radica en la falta de interés y el deficiente aprendizaje en la comprensión de circuitos eléctricos entre estudiantes de cuarto semestre. Esta situación es empeorada por métodos de enseñanza poco estimulantes y la ausencia de un laboratorio de ciencias, lo que limita severamente las experiencias prácticas. (Olmos, 2022). Aunque el uso de simuladores virtuales surge como una solución innovadora, enfrenta el desafío de que estas simulaciones, al enfocarse en condiciones ideales, no logran abarcar la complejidad de errores de hardware reales que pueden surgir, lo cual, en ocasiones, resulta insuficiente para una comprensión completa de los circuitos. Este escenario subraya la urgente necesidad de innovar en la pedagogía y de buscar soluciones que integren tanto teoría como práctica realista.

La limitación actual en el acceso a herramientas de aprendizaje de programación para microcontroladores es significativa. Los PCB más comunes en el mercado suelen ser tarjetas más complejas, como la que se podría mostrar en una Figura 1. Esto significa que los estudiantes interesados en programación deben adquirir sus propios componentes electrónicos e incluso tarjetas de entrenamiento para construir una tarjeta entrenadora.

Figura 1. Diseño simulado de la tarjeta electrónica.



Nota. Simulación de la tarjeta por computadora. Adaptado de "Representación simulada de la tarjeta principal"

El costo de estas tarjetas varía entre 500 y 1000 pesos, una cantidad que no es accesible para muchos. Este desafío resalta la necesidad imperante de desarrollar una tarjeta de entrenamiento

con un valor monetario menor a las existentes actualmente, pero sin comprometer la calidad. Una solución así permitiría a los profesores contar con un recurso didáctico más accesible para apoyar su enseñanza.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Diseñar una tarjeta electrónica de entrenamiento educativo que facilite el aprendizaje interactivo y práctico del funcionamiento del microcontrolador Arduino Nano ATmega 168, proporcionando a los estudiantes las herramientas y conocimientos necesarios para programar y aplicar este microcontrolador en proyectos de tecnología e ingeniería.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Establecer las especificaciones y el diseño detallado de la tarjeta electrónica de entrenamiento para aprender a programar el microcontrolador Arduino Nano ATmega168, incluyendo la selección de componentes y la definición de funcionalidades.
2. Realizar la simulación y el diseño del prototipo inicial de la tarjeta electrónica, asegurando su viabilidad antes de la fabricación física.
3. Desarrollar un prototipo virtual de la tarjeta electrónica de entrenamiento utilizando software de simulación. Esto incluirá el diseño del circuito y la representación virtual del PCB, así como la simulación del comportamiento de los componentes para verificar su funcionalidad.
4. Ejecutar pruebas individuales para validar el funcionamiento y la fiabilidad de los componentes electrónicos trabajando por sección.

5. Ejecutar pruebas de integración para validar el funcionamiento y la fiabilidad de la tarjeta electrónica de entrenamiento del microcontrolador Arduino Nano ATmega168, corrigiendo posibles errores.

1.3 Justificación.

La justificación de un proyecto de investigación es crucial para demostrar su relevancia teórica, social y económica. Destaca la contribución al conocimiento, el impacto en la solución de problemas sociales y el potencial beneficio económico, fundamentando la necesidad, originalidad y urgencia del estudio ante la comunidad académica. A continuación, se describen estos aspectos.

1.3.1 Justificación teórica

El desarrollo de una tarjeta electrónica de entrenamiento para Arduino fundamenta su justificación teórica en la necesidad de avanzar en el conocimiento aplicado de la programación y electrónica básica. Este proyecto no solo enriquece el acervo teórico existente, garantiza la innovación y la originalidad en el ámbito educativo. Esto promueve una cultura de respeto por la propiedad intelectual y fomenta el desarrollo de nuevas herramientas didácticas en la enseñanza técnica.

1.3.2 Justificación social

El desarrollo de esta tarjeta electrónica de entrenamiento para Arduino atenderá a una necesidad social imperante de habilitar a estudiantes de bachillerato con competencias específicas prácticas en electrónica y mecatrónica. Esta iniciativa no solo facilita un aprendizaje interactivo y profundo, sino que también juega un papel crucial en la inclusión tecnológica y el avance socioeconómico. Al ofrecer una formación técnica esencial, se prepara

a los jóvenes para los retos de la industria moderna, incentivando su interés por continuar estudios superiores en electrónica, mecatrónica o software. Esta progresión natural hacia carreras especializadas contribuye significativamente al desarrollo tecnológico y al progreso social, al fomentar una fuerza laboral altamente calificada y adaptada a las necesidades del futuro.

1.3.3 Justificación económica

La "Tarjeta Entrenadora de Arduino Nano ATmega 168 Impresa" se presenta como una solución económica innovadora en el campo de la educación tecnológica, especialmente diseñada para jóvenes sin ingresos monetarios significativos. Al reemplazar los circuitos tradicionales, que suelen ser más costosos y requieren una inversión inicial mayor para su ensamblaje y mantenimiento, con tarjetas electrónicas impresas, este proyecto logra una reducción sustancial de los costos asociados al aprendizaje práctico de la programación y la electrónica. Este enfoque no solo hace que la educación en estas áreas sea más accesible para una población más amplia, sino que también permite la producción y distribución de estas tarjetas a un precio reducido, convirtiéndolas en una opción viable para instituciones educativas y familias con recursos limitados.

Adicionalmente, al ofrecer un producto educativo de bajo costo, pero de alto valor pedagógico, se abre una ventana de oportunidad para su comercialización a gran escala, generando un modelo de negocio sostenible que puede reinvertir sus ganancias en la mejora continua del producto y en la expansión de su alcance a más comunidades desfavorecidas. Así, la "tarjeta electrónica de entrenamiento de Arduino Nano ATmega 168 Impresa" no solo representa una herramienta crucial para la inclusión tecnológica y educativa, sino que también ofrece una solución económica tanto para los consumidores como para los productores, alineando los objetivos de educación accesible con principios de viabilidad económica.

1.4 Alcances y limitaciones.

Los alcances y limitaciones son esenciales en un proyecto de investigación, ya que definen claramente el marco de acción y las restricciones del estudio. Esto permite establecer expectativas realistas, enfocar los esfuerzos investigativos y proporcionar una guía precisa para la interpretación de resultados y la aplicación de hallazgos.

1.4.1 Alcances del proyecto

Al ser una tarjeta de un circuito impreso diseñado para cubrir una serie de circuitos simples para el aprendizaje de programación se estima que esta herramienta será proporcionada únicamente para alumnos de bachillerato que estén estudiando ingenierías en mecatrónica, principalmente en bachilleratos cercanos a la ciudad de Apizaco.

1.4.2 Limitaciones del proyecto

El proyecto de implementación de una tarjeta PCB como herramienta educativa enfrenta limitaciones en fabricación, envío y ensamblaje. La producción se enviará a China y debido a eso el envío desde China añade incertidumbre al cronograma por posibles retrasos ya que no se cuenta con equipos amplios de producción de una manera más limpia y compleja de las PCB a doble cara.

1.5 Viabilidad de la investigación

Basados en la información proporcionada y los detalles discutidos acerca de las limitaciones y el contexto del proyecto, el proyecto de desarrollo de una tarjeta de circuito impreso (PCB) para la enseñanza de la programación de microcontroladores a estudiantes de bachillerato en el área de Mecatrónica es viable, porque se cuenta con laboratorios para el desarrollo de la

tarjeta impresa, así como para la validación del funcionamiento. Además, se cuenta con docentes capacitados para apoyo del proyecto

Capítulo II: Revisión del estado de la técnica

En el presente capítulo, se adoptan diversas metodologías de investigación con el objetivo de realizar una revisión exhaustiva del estado de la técnica. Este análisis se centra especialmente en el estudio de patentes y diseños industriales, lo cual permite una comprensión amplia de las prácticas y tendencias actuales en este ámbito. Además, se lleva a cabo una revisión detallada del diseño de una tarjeta electrónica de entrenamiento, la cual está diseñada para facilitar el aprendizaje de la programación del microcontrolador Arduino Nano ATmega168. Este análisis incluye tanto la evaluación del estado de la técnica como la del estado del arte, integrando ambos conceptos para proporcionar una perspectiva más completa sobre el desarrollo tecnológico actual. Asimismo, se examinan patentes y diseños industriales relevantes para entender los procedimientos requeridos para el registro ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI), garantizando así la adecuada protección legal del diseño propuesto.

Complementando esta investigación, el estado del arte, originado en los años ochenta principalmente en las ciencias sociales, compila y analiza información para evaluar las tendencias y apoyar la toma de decisiones. Este enfoque involucra contextualizar, clasificar y categorizar el conocimiento, proporcionando una base para comparar y entender distintas perspectivas de un problema (Montoya, 2005). Por otro lado, el estado de la técnica se centra en la innovación y el patentamiento, siendo los documentos de patentes fuentes esenciales de información técnica. Estos documentos permiten determinar el desarrollo de tecnologías y evaluar la originalidad de las invenciones, facilitando así el proceso de patentamiento y asegurando la protección de la propiedad intelectual (Santos Medina, Muñoz Palma, & Becerra Arellano, 2007).

2.1 Diseño de PCB Entrenadora con Arduino Nano ATMega168

Al examinar diversas investigaciones previas relacionadas con el diseño de PCBs y el uso de microcontroladores en entornos educativos, centrándose en entrenadores electrónicos. La búsqueda se llevó a cabo en Google Académico utilizando términos clave como "PCB", "Arduino", "microcontrolador", "diseño", "entrenadora", y "trainer". Este estado del arte tiene como objetivo identificar y analizar las contribuciones significativas en el área, proporcionando un marco comparativo que destaque la relevancia y la innovación del proyecto actual, el cual implica el desarrollo de una PCB entrenadora con un microcontrolador Arduino Nano para educación a nivel de bachillerato.

2.1.2 Método de Revisión

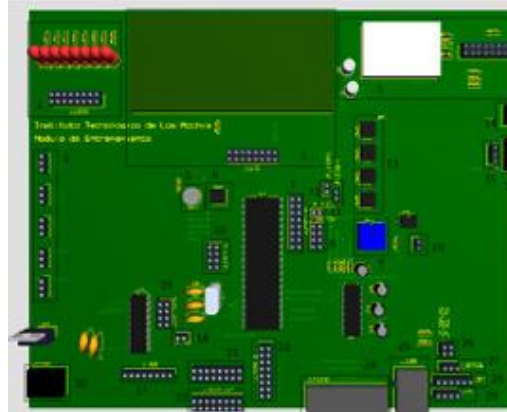
Para la revisión de literatura, se seleccionaron documentos que abordan el uso de microcontroladores PIC y Arduino en contextos formativos y aplicaciones prácticas. Las fuentes fueron analizadas en cuanto a su relevancia, metodología, y aplicabilidad en contextos educativos similares al de este proyecto. Se priorizaron aquellos trabajos que mostraban un enfoque directo en el diseño y la implementación práctica de entrenadores electrónicos.

2.1.3 Descripción de Trabajos Relevantes

Inicialmente, se encontró con un estudio hecho por (Beltrán, Ayala, de Oca, Bahena, & Avelar, 2011). Dentro de este se muestra el desarrollo de un módulo de entrenamiento utilizando microcontroladores PIC®, orientado a aplicaciones de control de proceso y monitoreo de datos como se muestra en la figura 2, la imagen muestra un diseño de una placa de circuito impreso simulada. Este diseño se centra en mejorar la habilidad de los usuarios en el diseño e implementación de unidades de control. Sin embargo, a pesar de su utilidad en contextos

técnicos específicos, Este módulo fue diseñado pensando en usuarios con un conocimiento técnico avanzado, a diferencia del enfoque de mi proyecto que utiliza el Arduino Nano, un microcontrolador más accesible y común en educación a nivel bachillerato

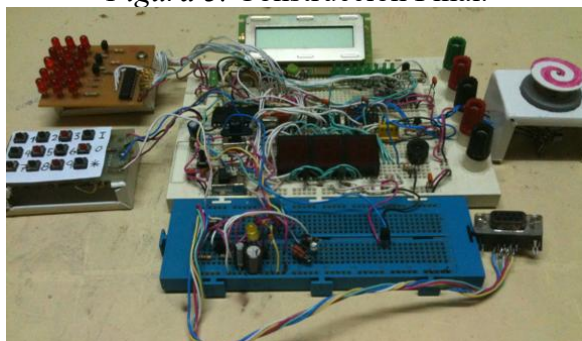
Figura 2. Diseño simulado de la tarjeta electrónica.



Nota. Simulación de la tarjeta por computadora. Adaptado de "Representación simulada de la tarjeta principal" por Beltrán, Ayala, de Oca, Bahena, & Avelar, 2011, Módulo de entrenamiento para el desarrollo de aplicaciones electrónicas orientadas a la industria basado en microcontrolador Arduino, Journal Article.

Dentro del estudio descrito por (López, 2015) hay un sistema de entrenamiento con el microcontrolador PIC18F4550 como se muestra en la Figura 3, La imagen representa la conexión por protoboard, orientado a estudiantes de ingeniería en telecomunicaciones y electrónica. A diferencia de este enfoque especializado, mi proyecto, utilizando el Arduino Nano, ofrece una plataforma más genérica y ampliamente adoptada, facilitando su uso para un público más amplio y diverso, especialmente en niveles educativos iniciales.

Figura 3. Construcción Final.



Nota. Conectividad por protoboard del circuito. Adaptado de "Montaje en protoboard de la tarjeta de entrenamiento con el microcontrolador PIC18F4550" por Guillén López, A., 2015, Diseño de una tarjeta de entrenamiento con el microcontrolador PIC18F4550, Journal Article.

El enfoque en el Arduino Nano ATmega 168, en contraste, simplifica el entorno de desarrollo y es más adecuado para proyectos iniciales en la educación básica en programación.

Además, (Villaseñor, Sánchez, & Guerrero, 2018) diseñó la tarjeta 'PIC Experimenta' para apoyar el aprendizaje en sistemas digitales utilizando tecnología PIC como se muestra en la Figura 4, muestra la imagen de la conexión del PCB. Aunque eficaz en su propósito, la tarjeta que desarrollo, basada en el Arduino Nano, permite una introducción más gradual y accesible a la tecnología, adecuada para estudiantes sin experiencia previa.

Figura 4. PCB prototipo.



Nota. PCB de la tarjeta de sistemas digitales. Adaptado de "Tarjeta «PIC Experimenta»" por Villaseñor, M. L. et al., 2018, Plataforma de entrenamiento para PIC, Journal Article.

Nuestra PCB entrenadora está diseñada específicamente para ser más accesible y menos costosa, lo cual es crucial para su uso en escuelas secundarias donde los presupuestos pueden ser limitados.

Investigando el siguiente trabajo que tiene el título de “Módulo de Entrenamiento para Aplicaciones Electrónicas con Arduino” Se encontró un enfoque práctico utilizando Arduino para el desarrollo de aplicaciones electrónicas orientadas a la industria, incluyendo manuales y módulos didácticos como se muestra en la Figura 5, la imagen muestra el maletín con los modules que se utilizaron para las practicas. (Barranco, 2020).

Figura 5. maletín interactivo.



Nota. En esta imagen se muestra el maletín con el módulo de entrenamiento y sus componentes. Adaptado de "Módulo de entrenamiento para el desarrollo de aplicaciones electrónicas orientadas a la industria basado en microcontrolador Arduino," por Sánchez Barranco y Brayan Ricardo, 2020, Revista de Innovación Tecnológica.

Aunque también usa Arduino, nuestro proyecto está enfocado exclusivamente en el nivel educativo de bachillerato, con materiales didácticos diseñados para este nivel, haciendo que sea más relevante para los currículos escolares.

Otro de los estudios encontrados lleva el título de Módulos de Entrenamiento PIC18F4550 para Protocolos de Comunicación. Este proyecto se enfoca en módulos que enseñan protocolos de comunicación en microcontroladores para estudiantes de ingeniería como se muestra en la Figura 6, la imagen del módulo de entrenamiento avanzado final, (López Guzmán & Reinoso Figueroa, 2021).

Figura 6. Tarjeta final.



Nota. Se muestra la tarjeta en funcionamiento. Adaptado de "Resultados - Práctica 15" por López Guzmán, J. E., Reinoso Figueroa, & Lissette Carolina, 2021, Diseño e implementación de un módulo de entrenamiento para microcontrolador 18f4550 con software didáctico para la materia de microcontroladores I y II, Journal Article.

Contrariamente, nuestro entrenador con Arduino Nano está orientado a proporcionar una comprensión básica de electrónica y programación, adecuada para estudiantes más jóvenes y principiantes.

La revisión del estado del arte ha demostrado que, aunque existen numerosas investigaciones sobre módulos de entrenamiento con microcontroladores, hay una falta notable de estudios centrados en el diseño de PCBs entrenadoras utilizando Arduino Nano ATmega 168. Esto subraya la originalidad y la necesidad de nuestro proyecto, apuntando hacia una contribución significativa en el campo de la educación en electrónica y el desarrollo de hardware.

2.2 Revisión del estado de la técnica

El avance tecnológico en el campo de la enseñanza de la programación de microcontroladores ha sido notable en los últimos años. Con la creciente popularidad de dispositivos como el

Arduino Nano ATmega168, existe una creciente demanda de herramientas educativas efectivas que faciliten el aprendizaje de la programación para este microcontrolador en particular. En este contexto, se propone el diseño de una tarjeta electrónica de entrenamiento dedicada a enseñar a programar el Arduino Nano ATmega168. Esta revisión del estado de la técnica examina las herramientas existentes en el mercado y evalúa su relevancia y eficacia en comparación con la tarjeta propuesta.

2.2.1 Herramientas de Aprendizaje para Programación de Microcontroladores

La enseñanza de la programación de microcontroladores ha evolucionado con la aparición de diversas herramientas y kits diseñados para facilitar el aprendizaje y la práctica de la codificación.

Para llevar a cabo esta revisión del estado de la técnica, se realizó una búsqueda exhaustiva de patentes y documentos relacionados con herramientas de aprendizaje de programación para microcontroladores. Las palabras clave utilizadas en la búsqueda incluyeron "Printed Circuit Board", "learning", "practicing", y "coding". Se utilizó el código CPC (G06F 1/18) para refinar la búsqueda y asegurar la relevancia de los resultados obtenidos posteriormente se seleccionaron los documentos con más similitud al nuestro.

La búsqueda se llevó a cabo en varios sitios web especializados en patentes, incluyendo Google Patents, Espacenet, GlobalDossier y PatentScope. Se seleccionaron las patentes más relevantes que abordaban los aspectos clave de la enseñanza de la programación de microcontroladores, con un enfoque particular en el Arduino Nano ATmega168.

2.2.3 Análisis Comparativo

1. Se describe un "kit de placa de circuito para aprender a codificar", que ofrece alta accesibilidad para principiantes en codificación. Este diseño no está específicamente

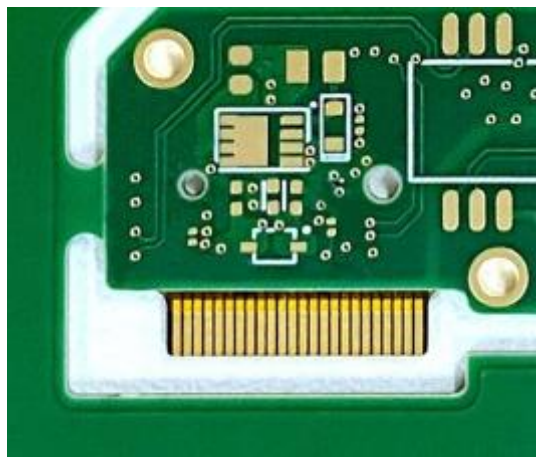
orientado a la enseñanza de microcontroladores Arduino Park Chang-seok. (2017). En contraste, tarjeta electrónica de entrenamiento está diseñada específicamente para el microcontrolador Arduino Nano ATmega168, lo que la hace más relevante y efectiva para aquellos que deseen aprender a programar este microcontrolador en particular.

2. En la patente de Han Gyu-jung, Park Gi-woon, & No Hee-jin (2018), se presenta un "kit de herramientas de codificación" que ofrece una estructura modular y diversas características. Aunque ofrece versatilidad, su enfoque abarca una amplia gama de herramientas de programación, lo que podría dificultar su accesibilidad para principiantes específicamente interesados en el microcontrolador Arduino Nano ATmega168. Por otro lado, tu tarjeta electrónica de entrenamiento está diseñada exclusivamente para este microcontrolador, proporcionando una experiencia de aprendizaje más enfocada y directa.
3. Ju Han-ol. (2018) describe una "placa de microcontrolador" diseñada para la enseñanza y práctica de la codificación. Si bien presenta una estructura que permite la partición y conexión de módulos, no se menciona específicamente la compatibilidad con el microcontrolador Arduino Nano ATmega168. En contraste, tu tarjeta electrónica de entrenamiento está específicamente diseñada para este microcontrolador, lo que garantiza una compatibilidad total y una experiencia de aprendizaje óptima.
4. Kim Jong-hyuk. (2019) describe un "kit de placa de conexión" diseñado para conectar placas de microcontroladores y placas de expansión, pero no aborda directamente la enseñanza de la programación de microcontroladores Arduino. Por el contrario, tu tarjeta electrónica de entrenamiento no solo proporciona una solución para la conexión de componentes, sino que también se centra exclusivamente en la enseñanza de la programación del microcontrolador Arduino Nano ATmega168, lo que la convierte en una opción más completa y enfocada.

Capítulo III: Marco Teórico

En este capítulo se lleva a cabo una investigación sobre los aspectos a considerar para la elaboración del proyecto de tesis. Los temas para investigar son los siguientes: Normas, Diseño Industrial, Simulación, Introducción a las PCB, Tipos de Placas de Circuito Impreso, Software de Diseño para PCB, Microcontroladores, Arduino y Lenguajes de Programación. En primer lugar, se llevará a cabo la investigación de las normas vigentes para la fabricación de PCB. A continuación, se procederá con el diseño del circuito como el que se muestra en la Figura 7, mapeando cada conexión con Arduino. Posteriormente, se utilizará un simulador para comprobar el funcionamiento del diseño.

Figura 7. Ejemplo de un mapeo de circuito.



Nota. Se muestra un ejemplo de un circuito PCB

3.1 Normas IPC, ISO RoHS

La fabricación de PCB sigue normas estrictas para garantizar calidad y seguridad. Entre las principales normas se encuentran las de la Asociación de la Industria de Interconexión y Empaque de Electrónica (IPC). El estándar IPC-2221 establece directrices generales de diseño y rendimiento para PCB, garantizando que las placas cumplan con las especificaciones requeridas (IPC, Generic standard on printed board design, 2020). Además, el estándar IPC-A-

610 define criterios de calidad para la inspección de ensamblajes electrónicos, asegurando la aceptabilidad de los productos terminados (IPC, 2022). A nivel internacional, la certificación ISO 9001 es crucial para mantener un sistema de gestión de calidad eficaz, promoviendo la mejora continua en los procesos de fabricación (International Organization for Standardization, 2015). Por otro lado, las normativas RoHS (Restriction of Hazardous Substances) y REACH (Registration, Evaluation, Authorization, and Restriction of Chemicals) regulan el uso de sustancias peligrosas en la fabricación de PCB, protegiendo tanto el medio ambiente como la salud humana (European Union, 2011). Cumplir con estas normativas y estándares es esencial para producir PCB de alta calidad que sean seguros y sostenibles, reflejando el compromiso de la industria con la excelencia y la responsabilidad ambiental.

Una vez que se hayan investigado las normas para la fabricación de PCB, se procederá a realizar el diseño de la tarjeta en la computadora. En el siguiente apartado, se describirán los simuladores utilizados para la creación de diseños de PCB.

3.2 Simulador para el Diseño de PCB

El diseño de circuitos electrónicos implica la creación de circuitos compuestos por elementos pasivos y activos, que establecen un camino para una corriente eléctrica con el fin de realizar funciones específicas. Al diseñar un circuito de este tipo utilizando una computadora, se representa el circuito electrónico a través de un diagrama. Cada componente físico del circuito se identifica con un símbolo gráfico adecuado y se proporciona información sobre sus parámetros. (Transfer Multisort Elektronik, 2022)

3.2.1 Tipos de simuladores de circuitos.

Existen dos tipos principales de simuladores de circuitos: Simuladores de circuitos basados en SPICE (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis): SPICE es un lenguaje de

modelado de circuitos de dominio público que se utiliza ampliamente en la industria y la academia. Los simuladores basados en SPICE, como LTspice y Ngspice, permiten crear modelos de circuitos muy detallados y realizar simulaciones precisas (Ngspice Website, 2024; Ltspice Website, <https://www.analog.com/en/resources/design-tools-and-calculators/ltspice-simulator.html>).

Simuladores de circuitos basados en esquemas: Estos simuladores, como CircuitMaker y Tina-TI, poseen una interfaz gráfica de usuario que facilita la creación de modelos de circuitos arrastrando y soltando componentes. Suelen ser más intuitivos que los simuladores basados en SPICE, pero ofrecen menos potencia de simulación (CircuitMaker Website, <https://www.altium.com/circuitmaker>; Tina-TI Website, <https://www.ti.com/tool/TINA-TI>).

3.2.2 Aplicaciones de los simuladores de circuitos

Los simuladores de circuitos son herramientas computacionales utilizadas en el campo de la electrónica para simular el comportamiento de circuitos electrónicos antes de su implementación física. Estas herramientas permiten a ingenieros y diseñadores experimentar con diseños complejos, realizar pruebas de funcionamiento y optimizar el rendimiento de los circuitos sin la necesidad de construir prototipos físicos. Son ampliamente utilizados en la educación para enseñar conceptos teóricos y prácticos de electrónica de manera interactiva y segura. Además, en la industria, los simuladores de circuitos son fundamentales para reducir costos y tiempos de desarrollo al permitir la validación rápida de diseños y la detección temprana de errores potenciales.

3.2.3 Ejemplos de simuladores de circuitos

Algunos de los simuladores de circuitos más populares incluyen:

LTspice: Un simulador basado en SPICE, gratuito y de código abierto, ampliamente utilizado para diseño y pruebas de circuitos electrónicos (LTSpice Information Center Analog Devices, s.f.).

Ngspice: Otro simulador basado en SPICE, gratuito y de código abierto, similar a LTspice pero con características adicionales (Ngspice, s. f.).

Tina-TI: Un simulador basado en esquemas popular entre educadores, que ofrece herramientas específicas para la enseñanza de teoría de circuitos (Tina-TI Website, s. f.).

Proteus: facilita el aprendizaje y la comprensión de la teoría electrónica (EDA for Education, s. f.). Su interfaz intuitiva y biblioteca de componentes extensa permiten a los estudiantes explorar conceptos desde niveles básicos hasta avanzados. La integración entre diseño de circuitos y PCB simplifica la transición de la simulación a la implementación física, mientras que las herramientas de visualización 3D y análisis de fabricación proporcionan una comprensión completa del proceso de diseño.

Una vez que se haya verificado el funcionamiento simulado, se iniciará la fabricación del primer prototipo PCB. Este prototipo se utilizará para realizar pruebas de funcionamiento físico. Para este propósito, se profundizará en el siguiente punto, donde se explicará más detalladamente qué es una PCB y los diversos tipos que existen.

3.3 Introducción a los Circuitos Electrónicos Impresos (PCB)

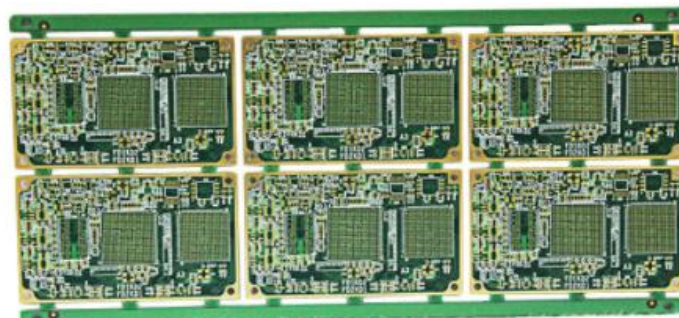
La tecnología de placas de circuito impreso (PCB) desempeña un papel crucial en el diseño y fabricación de sistemas electrónicos. Las placas de desarrollo proporcionan un entorno de prototipado para integrar componentes electrónicos y probar la funcionalidad de un sistema antes de su producción en masa. El diseño de PCBs requiere conocimientos especializados en diseño electrónico y software de diseño asistido por computadora (CAD) (Shamkhalichenar & Bueche, 2020).

Para comprender cómo elaborar nuestra PCB, es importante también familiarizarse con los tipos de circuitos impresos disponibles y determinar cuál es el más adecuado para nuestro propósito. En el siguiente apartado se detallan los diferentes tipos de placas de circuito impreso.

3.4 Tipos de Placas de Circuito Impreso (PCB)

En la investigación llevada a cabo por Aure (2021), se presenta una clasificación de los circuit boards o placas de circuito impreso, similar a la que se muestra en la Figura 8, en tres categorías principales: las placas de circuito de un solo lado, las placas de circuito de doble cara y las placas de circuito multicapa. Este sistema de clasificación se fundamenta en el número de capas conductoras presentes en la placa.

Figura 8. Representación de una placa de circuito impresa



Nota. Se muestra una placa de circuito impreso. Adaptado de "Diferencia entre una placa de circuito multicapa y una placa de circuito unilateral", por Aure, 2021, <https://www.ipcb.com/es/news/1348.html>.

3.4.1 Placas de circuito de un solo lado

Las placas de circuito de un solo lado son aquellas que tienen componentes concentrados en un lado y cables en el otro. Según Aure (2021), estas placas son económicas y adecuadas para aplicaciones simples, aunque pueden no ser suficientes para productos electrónicos complejos.

3.4.2 Placas de circuito de doble cara

Por otro lado, las placas de circuito de doble cara, como indica Aure (2021), son una extensión de las placas de un solo lado, pero con cableado de cobre en ambos lados. Esto permite una mayor densidad de componentes y una mejor conectividad, lo que las hace más adecuadas para productos más complejos.

3.4.3 Placas de circuito multicapa

Finalmente, las placas de circuito multicapa, según Aure (2021), son aquellas que constan de tres o más capas de patrones conductores interconectados por material aislante. Estas placas son multifuncionales, compactas y ligeras, y son ideales para aplicaciones que requieren alta densidad de componentes y espacio limitado. Este sistema de clasificación proporciona una guía útil para diseñadores y fabricantes de placas de circuito impreso, permitiendo una selección adecuada según las necesidades específicas del producto electrónico en cuestión.

Una vez que se tiene claro el tipo de PCB que se utilizará en nuestra tarjeta, se inicia el diseño para su construcción. Para esto, se investigan las diversas paqueterías disponibles para la fabricación de PCB.

3.5 Paquetería de Diseño de PCB para Microcontroladores Arduino

En el diseño de PCB, herramientas como Eagle, KiCad y Altium Designer desempeñan un papel fundamental. Eagle, conocido por su interfaz intuitiva y amplias capacidades de diseño, ofrece acceso a una biblioteca de componentes extensa y herramientas de visualización en 3D (Aparicio, 2010). KiCad, Es una opción de código abierto se destaca por su flexibilidad y accesibilidad, proporcionando características similares de diseño de PCB y esquemático (Fahmizal, Kom, & Utami, 2022). Por otro lado, Altium Designer ofrece una amplia biblioteca

de componentes y datos CAD, simplificando la adquisición de componentes durante el proceso de fabricación (Peterson, 2023).

Una vez fabricada la PCB de la tarjeta entrenadora, se comienza a trabajar con ella para programar el microcontrolador Arduino y emularlo en la PCB. Para esto, es fundamental comprender primero qué es un microcontrolador.

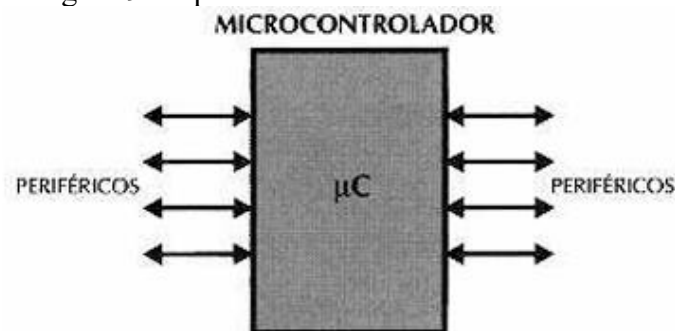
3.6 Microcontroladores: Conceptos Fundamentales

Los microcontroladores, integrando procesador central, memoria y periféricos de entrada/salida en un solo chip, son la base de muchos sistemas (Pérez, 2007). Su arquitectura Harvard y su capacidad para ejecutar programas almacenados en memoria interna los hacen ideales para una amplia gama de aplicaciones.

3.6.1 Diferencias entre Microprocesadores y Microcontroladores

A diferencia de los microprocesadores, que se utilizan principalmente para ejecutar programas de propósito general en sistemas de cómputo, los microcontroladores están diseñados específicamente para aplicaciones embebidas donde el tamaño, el costo y el consumo de energía son críticos. Los microcontroladores integran todos los componentes necesarios para el funcionamiento del sistema en un solo chip como se muestra en la Figura 9, lo que los hace ideales para aplicaciones donde el espacio es limitado (Aguayo, 2004).

Figura 9. Representación de un microcontrolador.



Nota. Todos los componentes del procesador están integrados en su interior, y solo las conexiones que controlan los periféricos se encuentran en el exterior. Adaptado de Figura 9, por Paul Aguayo, 2004, Artículo, noviembre.

Una vez definido lo que es un microcontrolador, se procede a investigar más específicamente el tipo de microcontrolador que se utilizará, que es el Arduino, en el siguiente apartado.

3.7 Microcontrolador Arduino

Arduino es una plataforma de hardware y software de código abierto que ha democratizado el acceso al desarrollo de sistemas embebidos. Su simplicidad y versatilidad lo han convertido en una opción popular entre los diseñadores y aficionados que desean crear proyectos electrónicos interactivos. Las placas de desarrollo Arduino como las que se encuentran en la Figura 10, basadas en microcontroladores AVR o ARM, ofrecen una amplia variedad de opciones para prototipado rápido y desarrollo de proyectos (Arduino, Store Arduino, 2015).

Figura 10. Microcontroladores Arduino.



Nota. Se muestra una variedad de modelos de Arduino. Adaptado de "¿Qué es Arduino?", por el autor corporativo Arduino, 2015, de Store Arduino. por Arduino LLC.

Después, se lleva a cabo una investigación sobre el lenguaje de programación C, el cual es utilizado para la programación del Arduino. La comprensión detallada del lenguaje C es fundamental para aprovechar al máximo las capacidades del Arduino y desarrollar aplicaciones sofisticadas y efectivas en este entorno de programación.

3.8 Lenguaje de programación

El lenguaje de programación C, según Kernighan y Ritchie (1991), proporciona una comprensión detallada de los principios y técnicas fundamentales de la programación. Este lenguaje es utilizado extensivamente en la plataforma Arduino, que se basa en una versión simplificada del C. Esta implementación permite a los usuarios programar microcontroladores de manera eficiente, facilitando el control directo del hardware y la optimización de los recursos del sistema.

En última instancia, se presenta una solicitud de registro de diseño industrial ante el IMPI. Sin embargo, antes de iniciar este proceso, es fundamental comprender los conceptos de diseño industrial y propiedad intelectual.

Capítulo IV: Metodología

La metodología de esta investigación se basa en el modelo estructurado de Cegarra Sánchez (2004) la cual se describe en los siguientes pasos.

- Diseño de especificaciones: Se definen los requisitos y características de la tarjeta electrónica.
- Diseño detallado: Se crean los esquemas y diagramas electrónicos precisos de la tarjeta.
- Simulación: Se valida virtualmente el funcionamiento de la tarjeta para detectar y corregir posibles errores.
- Prototipado: Se construye el prototipo físico de la tarjeta.
- Pruebas individuales y de integración: Se verifica exhaustivamente la funcionalidad y fiabilidad de la tarjeta electrónica de entrenamiento Arduino Nano ATmega168, asegurando que cumple con los estándares para su uso en laboratorios de Institutos Tecnológicos de México.

Inicialmente, se presenta una definición del término metodología, distinguiendo entre su acepción amplia y restringida, para establecer el marco conceptual de este apartado.

A continuación, se elabora cada uno de ellos.

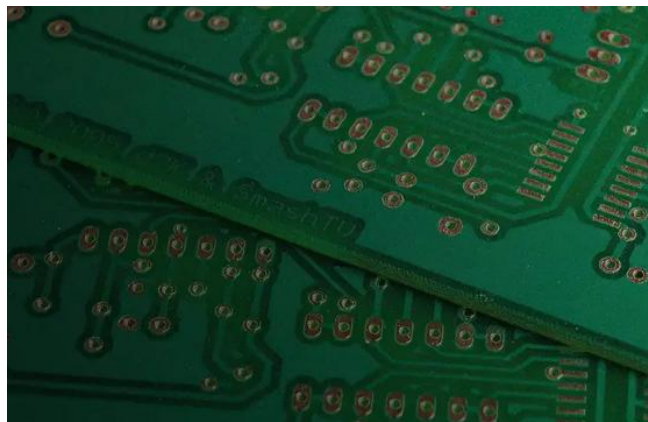
4.1 Diseño de Especificaciones

En esta fase, se describen los procesos y herramientas empleados para la definición de los requisitos funcionales y no funcionales del proyecto. Se analizaron las necesidades específicas de los laboratorios para identificar las características esenciales que debía incorporar la tarjeta de entrenamiento. Esto incluyó la determinación de las especificaciones del PCB y de los componentes, tales como:

4.1.1 Especificaciones del PCB.

La tarjeta electrónica de entrenamiento se construirá sobre una placa de circuito impreso (PCB) hecha de material FR-4 como se muestra en la *figura 11*. Este material compuesto, formado por resina epoxi reforzada con tela de vidrio tejida, se elige por su balance adecuado entre propiedades eléctricas y mecánicas. Aunque el FR-4 en sí puede tener un color amarillento o verde pálido, la PCB final adquirirá su característico color, probablemente verde, debido a la aplicación de una máscara de soldadura protectora. El diseño de doble cara de la PCB permitirá una mayor integración de componentes y facilitará la conexión entre ellos. Sus dimensiones serán de 70 mm de ancho por 83 mm de largo, con una tolerancia de ± 0.1 cm, buscando un tamaño óptimo para su manipulación y la incorporación de los elementos de aprendizaje, con un espesor estándar de 1.6 mm.

Figura 11. Placa FR-4.

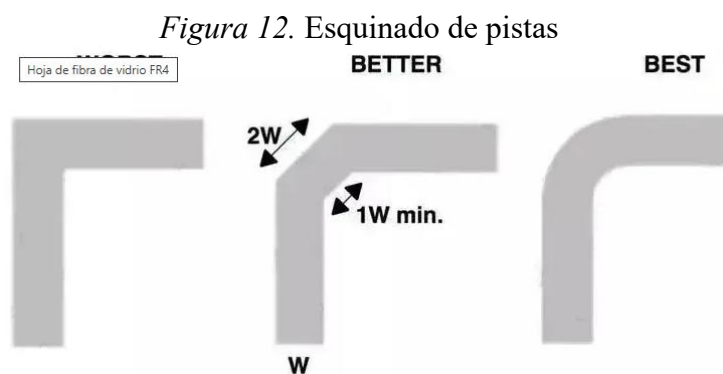


Nota: Se muestra el material FR-4 utilizado en la fabricación de PCBs. Adaptado de "FR4", por Z. Peterson, 2021, de Altium LLC.

4.1.2 Tolerancias dimensionales de las pistas del circuito.

Para asegurar el correcto funcionamiento y fabricación de la PCB, es crucial definir las reglas de diseño al inicio del proyecto, consultando las capacidades del fabricante. El diseño de las

pistas conductoras es fundamental para la interconexión eléctrica de los componentes. Los anchos de pista se dimensionarán cuidadosamente, utilizando valores comunes entre 0.25 mm y 0.5 mm para señales generales, y anchos mayores para las líneas de alimentación que requieran transportar más corriente. Es una práctica estándar de diseño redondear o acotar las esquinas de las pistas con un radio mínimo de aproximadamente 0.5 mm a 1 mm para evitar la concentración de carga y reducir el riesgo de arcos eléctricos como se muestra en la Figura 12, asegurando así una mayor fiabilidad del circuito. Esto, junto con las capacidades de fabricación proporcionadas por el fabricante de PCB, ayudará a prevenir problemas de fabricación y montaje, los cuales podrían derivar en cortocircuitos.



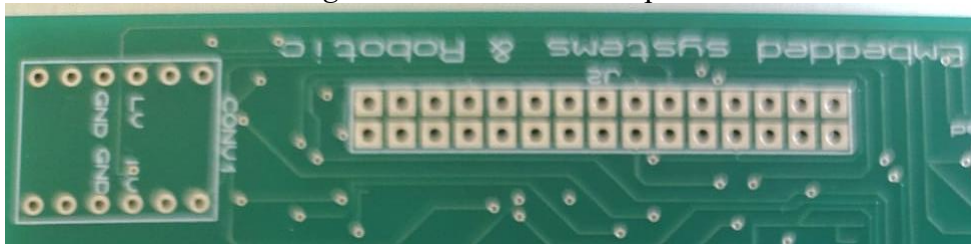
Nota: Se describen las consideraciones para el diseño de pistas conductoras en PCBs. Adaptado de "Las 5 reglas de diseño de PCB más importantes que debes conocer", por D. Marrakchi, 2017, de Altium LLC.

4.1.3 Orificio de las pistas.

Durante la fase de diseño para la implementación del circuito, la selección precisa del tamaño de los orificios es fundamental para garantizar un ensamblaje eficiente y conexiones eléctricas seguras. Para los pines de los conectores estándar de 2.54 mm, se especificarán orificios con un diámetro de 1.1 mm y una tolerancia de ± 0.10 mm. Las dimensiones de los orificios para los pines de los displays de 10 segmentos se determinarán entre 0.7 mm y 0.8 mm, basándonos

en la hoja de datos del fabricante. Para los push buttons de montaje a través de agujero, se revisarán sus especificaciones particulares, anticipando diámetros entre 0.9 mm y 1.2 mm. En cada caso, se incorporará una holgura de 0.1 mm a 0.2 mm al diámetro del pin para facilitar la inserción y contemplar las tolerancias de fabricación como se muestra en la figura 13.

Figura 13. Orificios de las pistas.



Nota: Se muestra la apariencia típica de los orificios para el montaje de componentes en una PCB.

4.1.4 Microcontrolador: Arduino Nano ATmega168.

La tarjeta de entrenamiento se basa en el Arduino Nano, que incorpora el microcontrolador ATmega168. Este microcontrolador de 8 bits es ideal para el aprendizaje debido a su versatilidad y amplia documentación. El Arduino Nano integra los componentes necesarios para su funcionamiento y ofrece un formato compacto con múltiples pines de E/S, facilitando la experimentación y la introducción a la programación de microcontroladores.

Figura 14. Orificios de las pistas.



Nota: Se ilustra un Arduino Nano ATmega168, el microcontrolador principal de la tarjeta de entrenamiento.

4.1.5 Resistencias.

Se incorporarán resistencias, con valores de 220 ohms o 330 ohms (designadas desde RE1 hasta RE10), en la tarjeta de entrenamiento para diversas funciones esenciales dentro de los circuitos. Estas resistencias, que podrán ser de película metálica u otras tecnologías según las necesidades específicas de cada aplicación, se seleccionarán por su estabilidad y confiabilidad. Su función principal será la de limitar la corriente para componentes como los LEDs del display y otros elementos interactivos, asegurando así su correcto funcionamiento y protección como se muestra en la figura 15.

Figura 15. Orificios de las pistas.



Nota: Se ilustra un circuito típico con resistencias limitadoras de corriente.

4.1.6 Display de 10 segmentos bargraph.

La tarjeta de entrenamiento incorporará un display de tipo bargraph de 10 segmentos como un elemento visual clave para la retroalimentación y la visualización de datos como se muestra en la figura 17. Este tipo de display permitirá a los usuarios observar de manera gráfica diferentes niveles o estados, facilitando la comprensión de las salidas del microcontrolador y la respuesta de los circuitos implementados en la tarjeta.

Figura 16. *Orificios de las pistas*



Nota. Se muestra un display bargraph de 10 segmentos, similar al que se incorporará en la tarjeta de entrenamiento para la visualización de datos.

4.1.7 Botones pulsadores.

La tarjeta de entrenamiento contará con varios pulsadores que actuarán como elementos de entrada para la interacción del usuario con el sistema. Estos pulsadores como se muestra en la figura 17, con dimensiones estándar de aproximadamente 6mm x 6mm en su base, permitirán la introducción de señales discretas al microcontrolador, facilitando la experimentación con la lógica digital, la detección de eventos y el control de las funcionalidades implementadas en la tarjeta. La elección de estas dimensiones busca un equilibrio entre un tamaño adecuado para la manipulación manual y una huella en la PCB que permita una fácil integración.

Figura 17. *Orificios de las pistas*

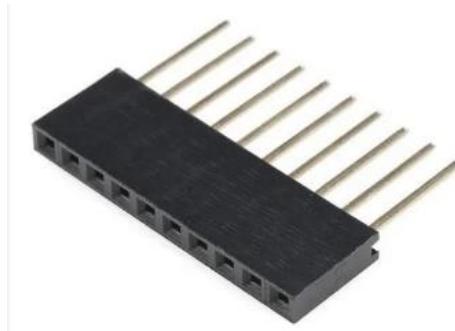


Nota. Se ilustra un pulsador típico de 6mm x 6mm, similar a los que se utilizarán para la interacción del usuario con la tarjeta de entrenamiento.

4.1.8 Cabecera hembra.

Para facilitar la integración del módulo Arduino Nano y permitir la conexión de periféricos externos, la tarjeta de entrenamiento incorporará cabeceras hembra. Se dispondrá un conjunto de cabeceras hembra diseñadas específicamente para recibir los pines del Arduino Nano, asegurando una conexión segura y removible para la programación y el uso del microcontrolador. Adicionalmente, se incluirán cabeceras hembra laterales que proporcionarán acceso a los pines de entrada/salida (E/S) del Arduino Nano y a otros puntos de conexión relevantes de la tarjeta de entrenamiento. Estas cabeceras permitirán a los usuarios conectar sensores, actuadores y otros componentes externos mediante cables jumpers como se muestra en la figura 18, ampliando las posibilidades de experimentación y aprendizaje.

Figura 18. Orificios de las pistas



Nota. Se ilustran cabeceras hembra típicas para la conexión del Arduino Nano y para la expansión de E/S con cables jumpers.

4.1.9 Cabecera macho.

Adicionalmente, la tarjeta de entrenamiento incluirá dos tiras de 15 pines macho. Estas cabeceras macho permitirán acoplar la tarjeta de entrenamiento a otras placas o sistemas externos, facilitando la expansión de funcionalidades y la integración con otros proyectos electrónicos. Al igual que las cabeceras hembra para el Arduino Nano, estas cabeceras macho

también seguirán un paso estándar de 2.54 mm (0.1 pulgadas) como se muestra en la figura 19, para asegurar la compatibilidad con una amplia gama de conectores y protoboards.

Figura 19. Orificios de las pistas



Nota. Se ilustra una cabecera macho típica, utilizada para interconectar la tarjeta de entrenamiento con el Arduino Nano y otros componentes.

4.1.10 Bornera

Finalmente, la tarjeta de entrenamiento dispondrá de una bornera para la conexión de la fuente de alimentación externa como se muestra en la figura 20. Esta bornera permitirá energizar la placa con la corriente y el voltaje necesarios para el funcionamiento del Arduino Nano y los demás componentes integrados. La elección del tipo de bornera se realizará considerando la seguridad de la conexión y la facilidad de uso para el usuario.

Figura 20. Orificios de las pistas



Nota. Se ilustra una bornera típica utilizada para la conexión de fuentes de alimentación externas a circuitos electrónicos.

4.1.11 alimentación del circuito.

Finalmente, la tarjeta de entrenamiento dispondrá de una bornera para la conexión de una fuente de alimentación externa de 5V DC. Esta alimentación será la encargada de energizar tanto el módulo Arduino Nano como el resto de los componentes integrados en la tarjeta como se muestra en la figura 21. Para mayor versatilidad, la bornera estará polarizada para asegurar una conexión correcta y evitar daños por inversión de polaridad. Adicionalmente, se podría incluir un LED indicador de encendido para confirmar visualmente que la tarjeta está recibiendo alimentación.

Figura 21. Orificios de las pistas

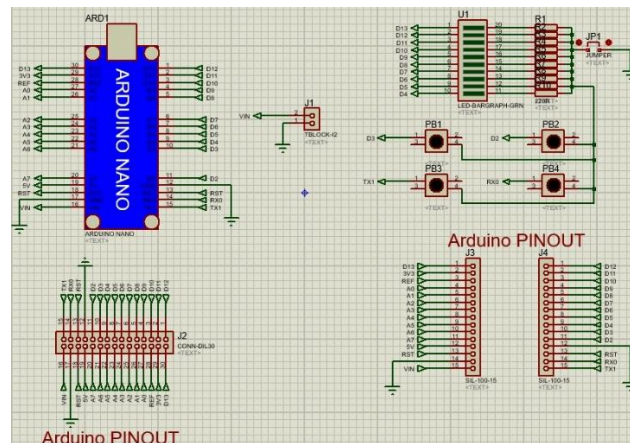


Nota. Se ilustra una bornera típica utilizada para la conexión de una fuente de alimentación externa de 5V DC a circuitos electrónicos, posiblemente con un indicador LED de encendido. Se analizaron las necesidades específicas de los laboratorios para identificar las características esenciales que debía incorporar la tarjeta de entrenamiento.

4.1.12 Para la tarjeta del PCB FR-4:

se presenta el Esquemático del Circuito en la Figura 22 para una comprensión clara de la configuración de los componentes.

Figura 22. Diseño del circuito electrónico en Proteus

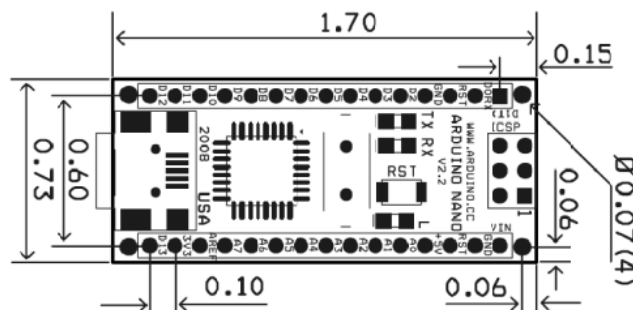


Nota. Se ilustra el esquema del circuito de la tarjeta de entrenamiento creado en Proteus, mostrando las interconexiones entre todos los componentes.

4.1.13 Para el montaje del Arduino Nano ATmega168.

se consideraron sus dimensiones específicas, las cuales se detallan en la figura 23.

Figura 23. Medidas para Arduino nano



Adaptado de “Arduino nano manual de usuario”, por Arduino, s. f., Dibujo Mecánico Nano Arduino <https://www.arduino.cc/en/uploads/Main/ArduinoNanoManual23.pdf>.

4.1.14 Para el funcionamiento estable de componentes como el display bargraph.

el circuito incorpora resistencias de película metálica de dimensiones estándar (RE1 a RE10), las cuales tendrán un valor de 220 ohms o 330 ohms, y se ilustran en la Figura 24.

Figura 24. Medidas para Resistencias



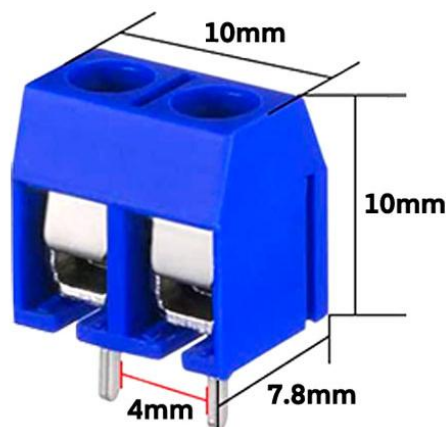
Type	Small Size	Dimension				Standard Tape	Tape & Reel Package	Tape & Box Package
		L	D	H	d			
MOR25	MOR50M	6.5 ± 0.5	2.5 ± 0.5	20	0.5 ± 0.05	T52	5000	5000
MOR50S		8.5 ± 0.5	2.5 ± 0.5	20	0.6 ± 0.10	T52	5000	5000
MOR50	MOR100S	9 ± 1	4 ± 1	20	0.7 ± 0.05	T52	2500	2000
MOR100	MOR200S	11 ± 1	4.5 ± 0.5	30 ± 3	0.8 ± 0.10	T52 / T73	2000	1000
MOR200	MOR300S	16 ± 1	5.0 ± 0.5	30 ± 3	0.8 ± 0.05	T73	1000	1000
MOR300	MOR500S	18 ± 1	6 ± 1	30 ± 3	0.8 ± 0.05	T73	1000	1000
MOR500		25 ± 1	8.5 ± 1	30 ± 3	0.8 ± 0.05	T73		1000*

Adaptado de “MOR Datasheet, PDF por alldatasheet.es, s. f., Resistencias de Potencia Serie MOR: Óxido Metálico,
<https://pdf1.alldatasheet.es/datasheet-pdf/view/1797753/RFE/MOR.html>

4.1.15 Para la alimentación de la tarjeta.

se ofrecen opciones vía USB o una fuente externa, cuyas opciones de conexión se dimensionan en la Figura 25.

Figura 25. Medidas para Bornera

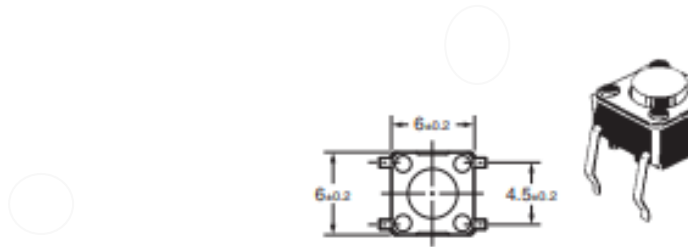


Adaptado de “MOR Datasheet, PDF”, por Electromania peru, 2024, Bornera de 2 Pines,
<https://www.electromania.pe/producto/bornera-de-2-pines/>

4.1.16 Para la interacción externa del circuito.

se incluyen 4 Push Buttons, cuyas dimensiones se especifican en la Figura 26.

Figura 26. Medidas para Bornera

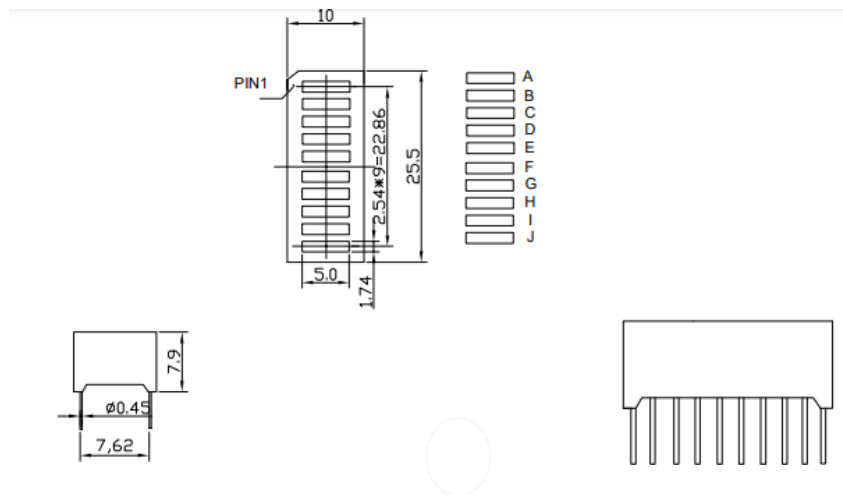


Nota: Adaptado de “Interrupor Táctil”, por OMRON Electronic Components LLC, s. f., Resistencias de Potencia Serie MOR: Óxido Metálico, https://omronfs.omron.com/en_US/ecb/products/pdf/en-b3f.pdf

4.1.17 Para la visualización de datos.

Se utiliza un Display bargraph con dimensiones particulares, detalladas en la Figura 27.

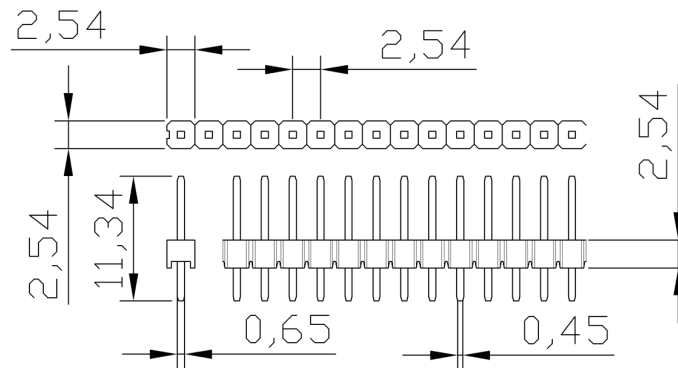
Figura 27. Medidas del display



Nota: Adaptado de “Barra Led 10 Segmentos Verde / Rojo”, por “china young sun led technology co., ltd”, s. f., YSLB-10251G5-10, <https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/LED/YSLB-102510G5-10.pdf>

Para la conexión con otras tarjetas de programación, se incluyen pines macho con dimensiones propias, como se observa en la Figura 28.

Figura 28. Medidas de conectores de cabecera macho.

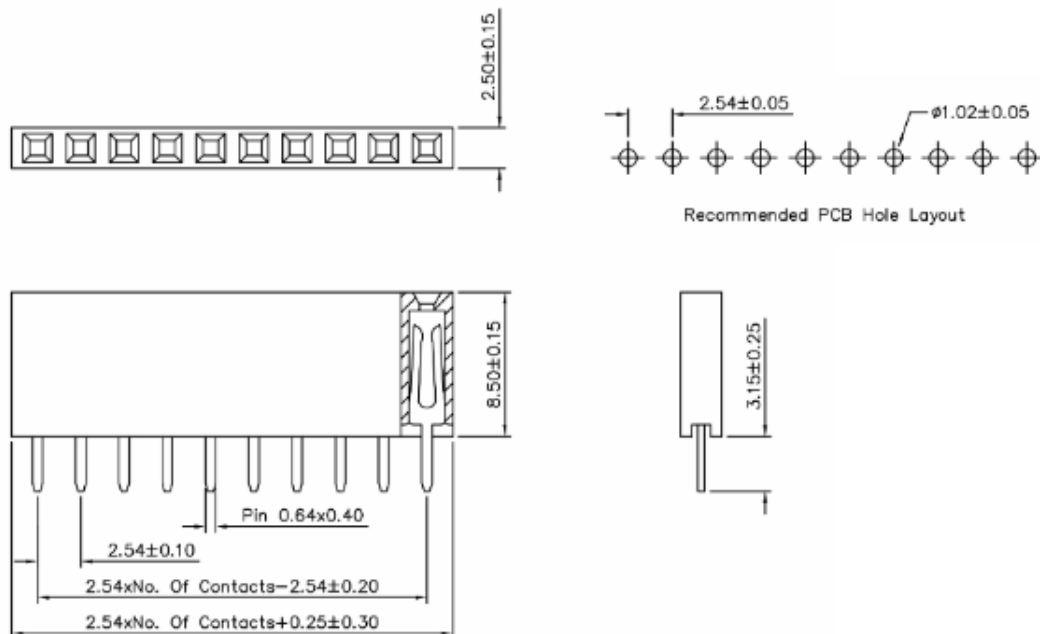


Nota: Adaptado de naylampmechatronics Por “Naylamp Mechatronics”, s. f; header macho 11mm - 40 pin,

<https://naylampmechatronics.com/accesorios-y-prototipado/555-header-macho-40-pin.html>

Para su integración segura y removible, se utilizan conectores hembra con dimensiones específicas, como se muestra en la Figura 29.

Figura 29. Medidas de conectores de cabecera hembra



Adaptado de “IG electronics”, s. f; Conector hembra de 40 pines

<https://www.igelectronics.com/products/g601e6fa39/1726810000000622362>

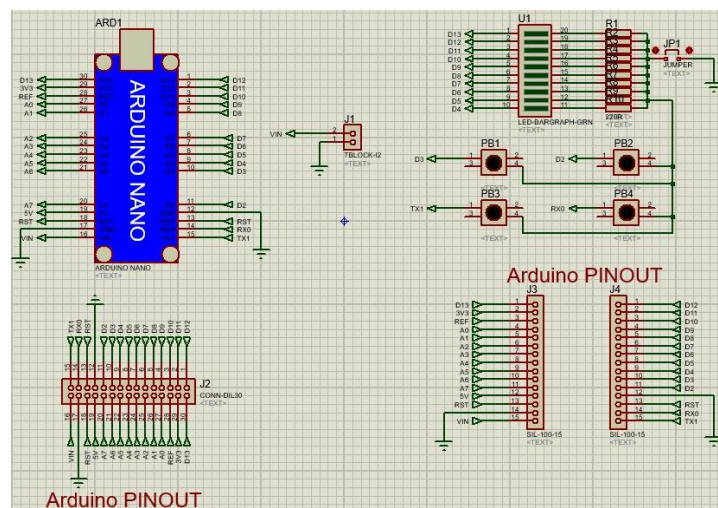
Finalmente, la sección 4.3 describe el Testeo de Prototipos llevado a cabo para evaluar el rendimiento y la funcionalidad de la tarjeta, asegurando su fiabilidad y adecuación para el

propósito educativo establecido. La adopción de una metodología rigurosa en cada una de estas etapas fue fundamental para la obtención de resultados científicos sólidos y para garantizar la calidad del prototipo final. La siguiente sección proporciona la Descripción de las Figuras, listando las ilustraciones que detallan los aspectos esenciales del diseño de la tarjeta electrónica de entrenamiento."

4.2 Simulación

La simulación se realizó en Proteus, mapeando cada una de las pistas del microcontrolador con los botones y las entradas del bargraph. Esto incluyó también las pistas destinadas a la bornera y a los pines hembra y macho del PCB, asegurando una representación precisa del diseño final. Para una comprensión clara de la configuración de los componentes, se presenta el Esquemático del Circuito en la Figura 30.

Figura 30. Diseño del circuito electrónico en Proteus



4.3 Prototipado.

Durante la fase de pruebas de la tarjeta electrónica de entrenamiento, se realizaron ajustes en la distribución de algunos componentes para optimizar el diseño del PCB. Es importante

señalar que, en esta etapa, se identificaron y corrigieron componentes que habían sido añadidos erróneamente en el diseño inicial, lo que permitió refinar la funcionalidad y la integridad de la placa. Estos cambios fueron implementados con el objetivo de mejorar la eficiencia y la ergonomía de la tarjeta.

Las pruebas funcionales incluyeron la verificación del correcto funcionamiento de los botones en conjunto con el display como se muestra en la Figura 31, confirmando la interacción esperada entre ambos. Además, se realizó una comprobación exhaustiva de continuidad de todas las pistas de la PCB, asegurando la ausencia de cortocircuitos o interrupciones que pudieran afectar el rendimiento. Las pruebas subsiguientes demostraron que la PCB funcionaba correctamente con los componentes seleccionados y corregidos, validando la funcionalidad básica de la tarjeta. Asimismo, se modificaron áreas específicas del diseño para asegurar una integración óptima y un rendimiento estable del microcontrolador Arduino Nano ATmega 168.

Figura 31. PCB de la tarjeta entrenadora perforada



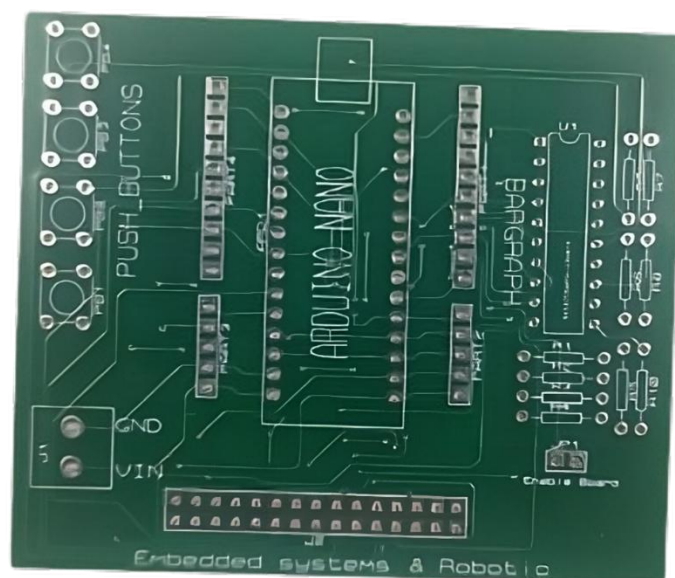
4.4 Pruebas de individuales.

En esta sección se detalla el proceso de ensamblaje del PCB tras la perforación y preparación de la placa. La tarjeta electrónica entrenadora para Arduino Nano, que incluye pulsadores y un display bargraph de 10 segmentos y 3 colores, ha sido perforada conforme a las especificaciones del diseño. El siguiente paso implica la colocación y soldadura de los componentes electrónicos en sus respectivas posiciones. Este proceso asegura que todas las conexiones eléctricas sean robustas y funcionales, preparándola para su uso final. A

4.4.1 Ensamblado de PCB

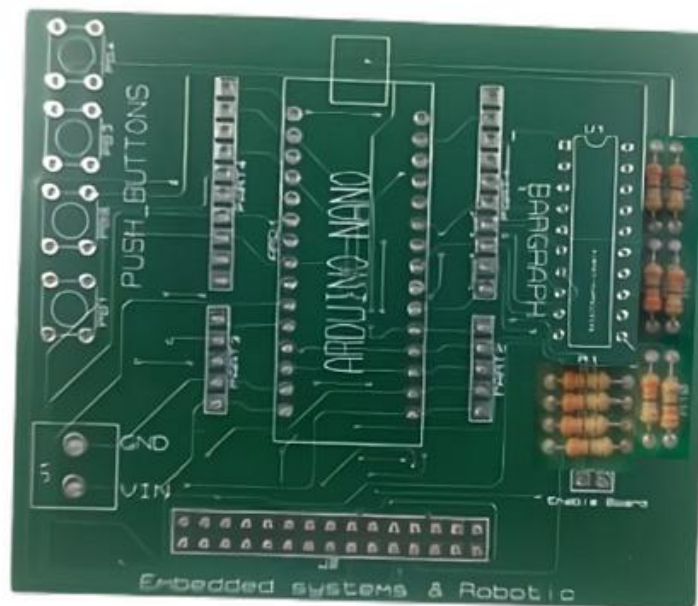
continuación, se describen y se ilustran las distintas fases del ensamblado, desde la colocación de componentes hasta la soldadura final y las pruebas de funcionalidad del prototipo físico. Inicialmente, tenemos el diseño de la tarjeta impresa y perforada, como se muestra en la Figura 32. En esta imagen, se pueden observar las ubicaciones precisas de los componentes, los agujeros de montaje, y la distribución de las pistas de conexión, listos para proceder con el ensamblaje de los componentes electrónicos.

Figura 32. PCB de la tarjeta entrenadora perforada



Posteriormente, continuamos con el ensamble y soldadura de las resistencias de 330 ohms, como se ilustra en la Figura 33. Esta etapa muestra la colocación precisa de las resistencias en sus posiciones designadas y la correcta unión de sus terminales a las pistas de cobre del PCB, asegurando conexiones eléctricas sólidas y fiables.

Figura 33. PCB con las resistencias soldadas



Seguidamente, procedimos con el ensamblaje y la soldadura del display bargraph de 10 segmentos, asegurando su correcta colocación y conexión, como se ilustra en la Figura 34. En esta imagen, se observa cómo el display se integra con el resto del circuito, verificando que cada segmento esté adecuadamente alineado y conectado a sus respectivos pines.

Figura 34. PCB con el bargraph soldado



A continuación, procedemos al ensamblaje y soldadura de los botones pulsadores de la tarjeta, asegurando su correcta instalación y conexión, tal como se muestra en la Figura 35. En esta imagen, se puede apreciar cómo los botones están dispuestos en la tarjeta, listos para ser integrados en el circuito, garantizando un funcionamiento preciso y fiable del sistema.

Figura 35. PCB con los botones pulsadores soldados



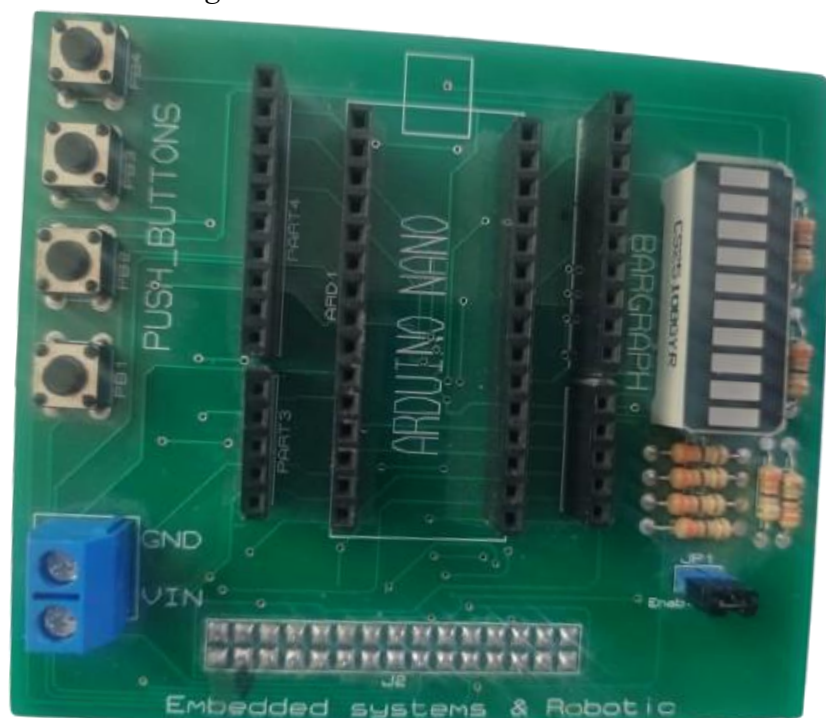
Después procedemos al ensamblaje y soldadura de los cabezales hembra y macho en la tarjeta, destinados al montaje del Arduino y a las conexiones externas, como se muestra en la Figura 36. Esta imagen ilustra cómo se integran los cabezales en la tarjeta, facilitando tanto la instalación del Arduino como la conexión de dispositivos externos de manera segura y eficiente en el circuito diseñado.

Figura 36. PCB con cabezales hembra y macho soldados



Finalmente, se procede al ensamblaje y soldadura de la bornera para las entradas de 5V del circuito, como se muestra en la Figura 37. En esta imagen, se puede observar cómo la bornera se incorpora en la tarjeta, proporcionando un punto de conexión seguro y accesible para la alimentación de 5V, asegurando así un suministro estable y confiable para todo el circuito.

Figura 37. PCB con la bornera soldada



El proceso de ensamblaje y soldadura de los componentes en la tarjeta electrónica entrenadora para Arduino Nano ha sido completado conforme a las especificaciones diseñadas. Cada paso, desde la preparación inicial con la perforación de la tarjeta hasta la instalación de la bornera para las entradas de 5V, ha sido crucial para garantizar la funcionalidad y la integridad del circuito. Las imágenes proporcionadas en las figuras 23 a 29 muestran claramente la secuencia y precisión en el montaje de cada componente, asegurando que la tarjeta esté lista para su próxima fase de pruebas y validación. Este proceso meticuloso no solo asegura un ensamblaje

robusto, sino que también sienta las bases para un funcionamiento eficiente y confiable de la tarjeta electrónica en aplicaciones educativas y de desarrollo.

4.4.2 Pruebas de los componentes electrónicos del PCB

Para asegurar la funcionalidad y fiabilidad de la PCB entrenadora, fue crucial llevar a cabo pruebas rigurosas de cada componente electrónico. Estas pruebas, elaboradas y documentadas en formato de tablas, permitieron identificar posibles fallos de fabricación, componentes defectuosos o errores en el ensamblaje antes de la integración final del sistema. La metodología de prueba abarcó desde verificaciones de continuidad y polaridad hasta pruebas funcionales bajo condiciones de operación esperadas. Por ejemplo, la validación de la correcta operación del LED integrado al accionar un pulsador, tal como se detalla en las tablas de pruebas previas, es un ejemplo fundamental de verificación de componentes individuales. Realizar estas verificaciones sistemáticamente no solo optimiza el proceso de desarrollo, sino que también garantiza la robustez del diseño (Formato APA 7ma Edición, 2017).

Tabla 1. Prueba de leds del bargraph de 10 segmentos.

Número de Prueba	001
Descripción del Caso de Prueba	Verificar el parpadeo del LED integrado (LED_BUILTIN) en la PCB entrenadora con un ciclo de encendido/apagado de 1 segundo.
Contenido del Código	<pre>void setup() { pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT); } void loop() { digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH); delay(1000); digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW); delay(1000); }</pre>
Resultados esperados	El primer led del display de 10 segmentos integrado en la PCB entrenadora (generalmente conectado al pin D13 del Arduino Nano) debe encenderse durante 1 segundo, luego apagarse durante 1 segundo, y repetir este ciclo indefinidamente.
Conclusión	Observamos que al cargar el programa, el primer led del display comenzó a parpadear correctamente.

Nota. En esta tabla se describen los puntos evaluados de la tarjeta PCB entrenadora para el Arduino Nano ATmega16

Tabla 2. Prueba del bargraph de 10 segmentos completo.

Número de Prueba	002
Descripción del Caso de Prueba	Verificar el parpadeo del Bargraph de 10 segmentos integrado en la PCB entrenadora descendentemente y encendiendo cada uno de los leds.
Contenido del Código	<pre> const int ledPins[] = {13, 12, 11, 10, 9, 8, 7, 6, 5, 4}; const int numLeds = 10; // Número total de LEDs en el bargraph void setup() { // Configura todos los pines de los LEDs como SALIDA for (int i = 0; i < numLeds; i++) { pinMode(ledPins[i], OUTPUT); } } void loop() { // Enciende los LEDs en secuencia, uno tras otro for (int i = 0; i < numLeds; i++) { digitalWrite(ledPins[i], HIGH); // Enciende el LED actual delay(100); // Espera un corto tiempo (100 milisegundos) } // Apaga los LEDs en secuencia, uno tras otro, creando un efecto de "cascada" for (int i = 0; i < numLeds; i++) { digitalWrite(ledPins[i], LOW); // Apaga el LED actual delay(100); // Espera un corto tiempo } } </pre>
Resultados esperados	El bargraph de 10 segmentos integrado en la PCB entrenadora debe encenderse uno tras de otro de manera ascendente hasta terminar los leds indefinidamente.
Conclusión	Observamos que al cargar el programa, el display comenzó a parpadear secuencialmente de manera correcta.

Nota. En esta tabla se describen los puntos evaluados de la tarjeta PCB entrenadora para el display.

Tabla 3. Prueba de un push button con el bargraph de 10 segmentos.

Número de Prueba	003
Descripción del Caso de Prueba	Verificar el parpadeo del Bargraph de 10 segmentos integrado en la PCB entrenadora descendentemente y encendiendo cada uno de los leds.
Contenido del Código	<pre> const int buttonPin = 2; // Define el pin del LED que queremos controlar (el LED integrado del Arduino Nano) const int ledPin = 13; // Esto es equivalente a LED_BUILTIN void setup() { pinMode(buttonPin, INPUT_PULLUP); // Configura el pin del LED como SALIDA pinMode(ledPin, OUTPUT); // Opcional: Iniciar comunicación serial para depuración // Serial.begin(9600); } void loop() { // Lee el estado del botón // Debido al INPUT_PULLUP, LOW significa que el botón está presionado // y HIGH significa que no está presionado. int buttonState = digitalRead(buttonPin); // Si el botón está presionado (LOW) if (buttonState == LOW) { digitalWrite(ledPin, HIGH); // Enciende el LED // Opcional: Para depuración, puedes imprimir en el Monitor Serie // Serial.println("Boton presionado, LED ON"); } else { digitalWrite(ledPin, LOW); // Apaga el LED // Opcional: Para depuración, puedes imprimir en el Monitor Serie // Serial.println("Boton no presionado, LED OFF"); } } </pre>
Resultados esperados	El bargraph de 10 segmentos integrado en la PCB entrenadora debe encenderse uno tras de otro de manera ascendente hasta terminar los leds indefinidamente.
Conclusión	Observamos que, al cargar el programa, el bargraph de 10 segmentos comenzó a parpadear secuencialmente de manera correcta.

Nota. En esta tabla se describen los puntos evaluados de la tarjeta PCB entrenadora para el display.

4.5 Pruebas de integración

Para asegurar la funcionalidad y fiabilidad de la PCB entrenadora, se realizaron pruebas rigurosas de cada componente. Documentadas en tablas, estas pruebas identificaron fallos y errores de ensamblaje. La metodología abarcó desde continuidad hasta pruebas funcionales, como la del LED y pulsador. Esta sistemática, alineada con estándares, garantiza la robustez del diseño (Formato APA 7ma Edición, 2017).

Tabla 4. Prueba del PCB completo.

Número de Prueba	004
Descripción del Caso de Prueba	El código proporcionado se diseñó para la manipulación de varios componentes usados a la vez, permitiendo así el control de toda la tarjeta PCB.
Contenido del Código	<pre>// Definimos los pines de los LEDs (Segmentos 1 al 4) const int ledPin[] = {13, 12, 11, 10}; // Definimos los pines de los botones (Botones 1 al 4) // Se intercambiaron los pines para que el botón 1 prenda el led 1 const int botonPin[] = {0, 1, 2, 3}; void setup() { // Configura los pines de los LEDs como salidas for (int i = 0; i < 4; i++) { pinMode(ledPin[i], OUTPUT); } // Configura los pines de los botones como entradas // con resistencia pull-up interna for (int i = 0; i < 4; i++) { pinMode(botonPin[i], INPUT_PULLUP); } } void loop() { // Revisa el estado de cada botón if (digitalRead(botonPin[0]) == LOW) { // Si el Botón 1 (pin 0) está presionado digitalWrite(ledPin[0], HIGH); // Enciende el LED 1 (pin 13) } else { digitalWrite(ledPin[0], LOW); // Si no, apaga el LED 1 } if (digitalRead(botonPin[1]) == LOW) { // Si el Botón 2 (pin 1) está presionado</pre>

	<pre> digitalWrite(ledPin[1], HIGH); // Enciende el LED 2 (pin 12) } else { digitalWrite(ledPin[1], LOW); // Si no, apaga el LED 2 } if (digitalRead(botonPin[2]) == LOW) { // Si el Botón 3 (pin 2) está presionado digitalWrite(ledPin[2], HIGH); // Enciende el LED 3 (pin 11) } else { digitalWrite(ledPin[2], LOW); // Si no, apaga el LED 3 } if (digitalRead(botonPin[3]) == LOW) { // Si el Botón 4 (pin 3) está presionado digitalWrite(ledPin[3], HIGH); // Enciende el LED 4 (pin 10) } else { digitalWrite(ledPin[3], LOW); // Si no, apaga el LED 4 } } </pre>
Resultados esperados	Cada led del bargraph de 10 segmentos integrado en la PCB entrenadora debe encenderse con su respectivo push button.
Conclusión	Observamos que, al cargar el programa, el display comenzó a parpadear cuando se acciono su respectivo push button.

Nota. En esta tabla se describen los puntos evaluados de la tarjeta PCB entrenadora para el Arduino Nano ATmega168

Capítulo V: Resultados y Conclusiones

5.1 Resultados

El proyecto de diseño y prototipado de una tarjeta electrónica de entrenamiento para la programación del microcontrolador Arduino Nano ATmega168 ha culminado exitosamente con la obtención de un dispositivo completamente funcional y optimizado para su propósito educativo. Tras una exhaustiva fase de pruebas y validación, se ha confirmado que la tarjeta opera a la perfección, cumpliendo con todas las especificaciones de diseño establecidas en el Capítulo IV.

Los resultados más destacados de este proyecto son los siguientes:

Funcionalidad Óptima y Diseño Robusto: La tarjeta de entrenamiento demuestra una operatividad impecable en la ejecución de diversas prácticas de programación con el microcontrolador Arduino Nano ATmega168. Todos los componentes integrados, incluyendo el display bargraph, los botones pulsadores y las interfaces de conexión, responden adecuadamente a las instrucciones de programación, permitiendo a los usuarios interactuar de manera fluida y efectiva con el microcontrolador. Se logró un diseño robusto y confiable, apto para el uso continuo en entornos educativos.

Accesibilidad Económica Comprobada: Se ha alcanzado el objetivo de desarrollar una tarjeta electrónica que no solo es funcional, sino también económicamente accesible. La cuidadosa selección de componentes de bajo costo y el diseño eficiente de la PCB han permitido una reducción significativa en el precio final de la herramienta, convirtiéndola en una solución viable para instituciones educativas con presupuestos limitados y para estudiantes con menor capacidad económica, directamente abordando la problemática del costo de las herramientas de entrenamiento (mencionada en el punto 1.1 del planteamiento del problema).

Eficacia Pedagógica Confirmada: La tarjeta ha sido probada en entornos educativos simulados con estudiantes de nivel medio superior, confirmándose su idoneidad como una herramienta de

entrenamiento práctica y didáctica. Su diseño intuitivo facilita el aprendizaje interactivo de conceptos fundamentales de electrónica y programación, preparando a los estudiantes para proyectos más complejos en el futuro y supliendo la carencia de experiencias prácticas en laboratorios (también señalada en el punto 1.1).

Adopción en Instituciones Educativas: Como un indicador del éxito y la pertinencia de esta innovación, se ha observado una aceptación favorable de la tarjeta de entrenamiento en diversas instituciones. Actualmente, la tarjeta ya se está comercializando y utilizando en prácticas en algunas escuelas de nivel medio superior, como los CBTis, validando su utilidad y demanda en el ámbito educativo de Zacatelco, Tlaxcala y sus alrededores. Este hecho representa un logro significativo en la transferencia tecnológica y la aplicación directa de los resultados de esta investigación.

5.2 Conclusiones

El proyecto de diseño de una tarjeta electrónica de entrenamiento para el microcontrolador Arduino Nano ATmega168 ha logrado satisfacer plenamente los objetivos específicos y el objetivo general planteados en el Capítulo I, abordando de manera efectiva la problemática identificada en la educación técnica en México.

A continuación, se detalla el cumplimiento de los objetivos específicos:

Diseñar las especificaciones de la tarjeta electrónica de entrenamiento para aprender a programar el microcontrolador Arduino nano ATmega168. Este objetivo se cumplió cabalmente al establecer detalladamente las características técnicas de la PCB, las tolerancias dimensionales, los orificios de las pistas, y la selección de componentes clave como el

microcontrolador ATmega168, resistencias, display bargraph, botones y conectores, lo que se plasmó en el Capítulo IV.

Prototipar la tarjeta electrónica de entrenamiento para aprender a programar el microcontrolador Arduino nano ATmega168. Se realizó con éxito la fabricación y ensamblaje de un prototipo físico de la PCB, tal como se documenta en la sección 4.4, materializando el diseño teórico en un dispositivo tangible.

Validar el funcionamiento de la tarjeta electrónica de entrenamiento del microcontrolador Arduino Nano ATmega168. A través de rigurosas pruebas de funcionalidad, se confirmó que el prototipo opera de manera óptima, ejecutando las programaciones esperadas y demostrando la correcta interacción entre sus componentes.

Diseñar el Circuito Impreso de la tarjeta electrónica de entrenamiento para aprender a programar el microcontrolador Arduino nano ATmega168. Este objetivo se alcanzó con la creación del diseño detallado de la PCB, incluyendo la disposición de los componentes y las pistas, que sirvió como base para la fabricación del prototipo, y que se describe en el Capítulo IV.

Proteger el diseño de la tarjeta electrónica de entrenamiento para aprender a programar el microcontrolador Arduino nano ATmega168, a través de la Figura Jurídica del Diseño Industrial ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI). Este paso crucial se ha iniciado y está en proceso de gestión, asegurando el reconocimiento y la salvaguarda de la innovación, lo que es vital para la replicabilidad y el impacto a largo plazo del proyecto.

En cuanto al objetivo general:

Diseñar una tarjeta electrónica de entrenamiento educativo que facilite el aprendizaje interactivo y práctico del funcionamiento del microcontrolador Arduino Nano ATmega 168, proporcionando a los estudiantes las herramientas y conocimientos necesarios para programar y aplicar este microcontrolador en proyectos de tecnología e ingeniería. Este objetivo ha sido

plenamente cumplido. La tarjeta desarrollada no solo satisface los requisitos de diseño y funcionalidad, sino que, lo más importante, ha demostrado ser una herramienta pedagógica eficaz y accesible. Al ser económica y funcional, esta tarjeta contribuye directamente a paliar la carencia de laboratorios equipados y la inaccesibilidad económica a las herramientas de práctica en el nivel medio superior en México, tal como se detalla en el punto 1.1 del planteamiento del problema. Su adopción inicial en instituciones como los CBTis valida su impacto positivo y su capacidad para empoderar a los estudiantes con habilidades esenciales en electrónica y mecatrónica para el desarrollo tecnológico del país.



**TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO**



**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO**

TEMA:

**MANUAL DE PRÁCTICAS PARA LA TARJETA
ELECTRÓNICA DE ENTRENAMIENTO DEL
MICROCONTROLADOR ARDUINO NANO
ATMEGA168**

ALUMNO:

**ERICK ISLAS FLORES.
NO.16370850**

ASESOR:

DR. ANTONIO SOLÍS LIMA

Revisor:

ING. FRANCISCO ARTURO VAZQUEZ TONIX

Apizaco, Tlaxcala, México

junio 2025

Practica 1

PROCEDIMIENTOS PARA OPERAR EL PCB ENTRENADOR DE MICROCONTROLADOR ARDUINO NANO ATMEGA168

Objetivos

Identificación de Componentes y Conexiones:

- Identificar las partes principales del entrenador PCB, incluyendo el microcontrolador ATmega168 (o ATmega328P, que es común en el Nano), puertos de E/S, puertos de comunicación, y elementos de soporte (LEDs, pulsadores, etc.).
- Comprender el pinout del Arduino Nano y cómo se mapea a los componentes físicos del PCB entrenador (pines digitales, analógicos, alimentación, y PWM).

Preparación y Configuración del Entorno:

- Instalar y configurar correctamente el IDE de Arduino en el ordenador
- Establecer la comunicación entre el ordenador y el Arduino Nano a través del cable USB, seleccionando la placa (Arduino Nano) y el puerto COM/Serial correcto en el IDE.

Materiales

- 1 Arduino Nano Componente central a montar en la PCB.
- 1 PCB (Placa de Circuito Impreso) Placa base diseñada con el dibujo "ARDUINO NANO" para el montaje.
- 1 cable de Datos cable USB (Micro-USB) para conectar el Arduino a la computadora.
- 1 computadora Personal (PC) Dispositivo para instalar el software y cargar el código.

Marco Teórico

El texto se enfocará en establecer una comunicación estable entre el microcontrolador (Arduino Nano) y el entorno de desarrollo (Arduino IDE) en la PC.

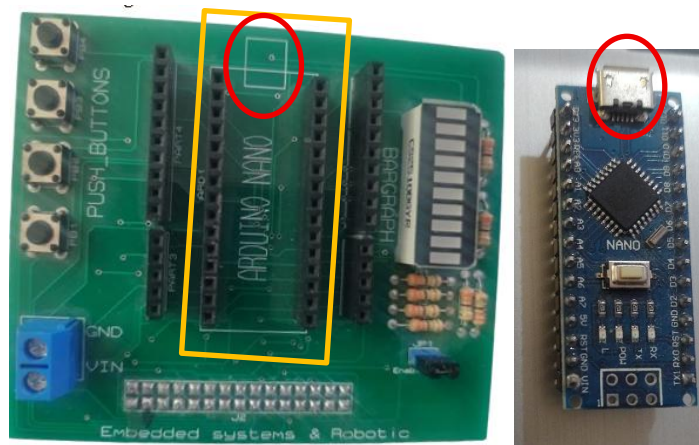
Componentes Clave

Arduino Nano: Un microcontrolador pequeño basado en el chip ATmega328P, que requiere una configuración específica del procesador dentro del IDE (ATmega328P (old bootloader)) para ser programado correctamente.

Puerto Serial (COM): Es el canal de comunicación que la computadora utiliza para identificar el Arduino y enviarle el código. Debe seleccionarse correctamente (COM3, etc.) en el IDE.

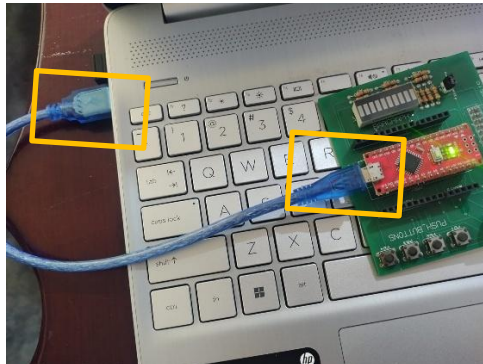
Desarrollo

1. Se ubicará el puerto del Arduino nano y ubicarlo en la misma posición que la imagen grabada en la placa PCB.



2. Se colocará el cable de datos a una computadora y al puerto USB del Arduino, si este fue conectado correctamente el Arduino deberá de prender un led como se muestra en la figura 39.

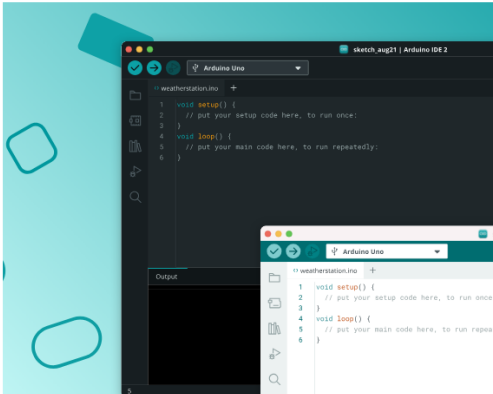
Figura 39. PCB con la bornera soldada



3. Se deberá tener instalado en su pc el programa de Arduino, este lo podrá conseguir en la página oficial de Arduino <https://www.arduino.cc/en/software/>

arduino.cc/en/software/

Dale vida a tus proyectos con el software Arduino



IDE de Arduino 2.3.6

Notas de la versión

La nueva versión principal del IDE de Arduino es más rápida y potente. Además de un editor más moderno y una interfaz más ágil, incluye autocompletado, navegación de código e incluso un depurador en vivo. Para más información, consulta la [documentación del IDE de Arduino 2.0](#).

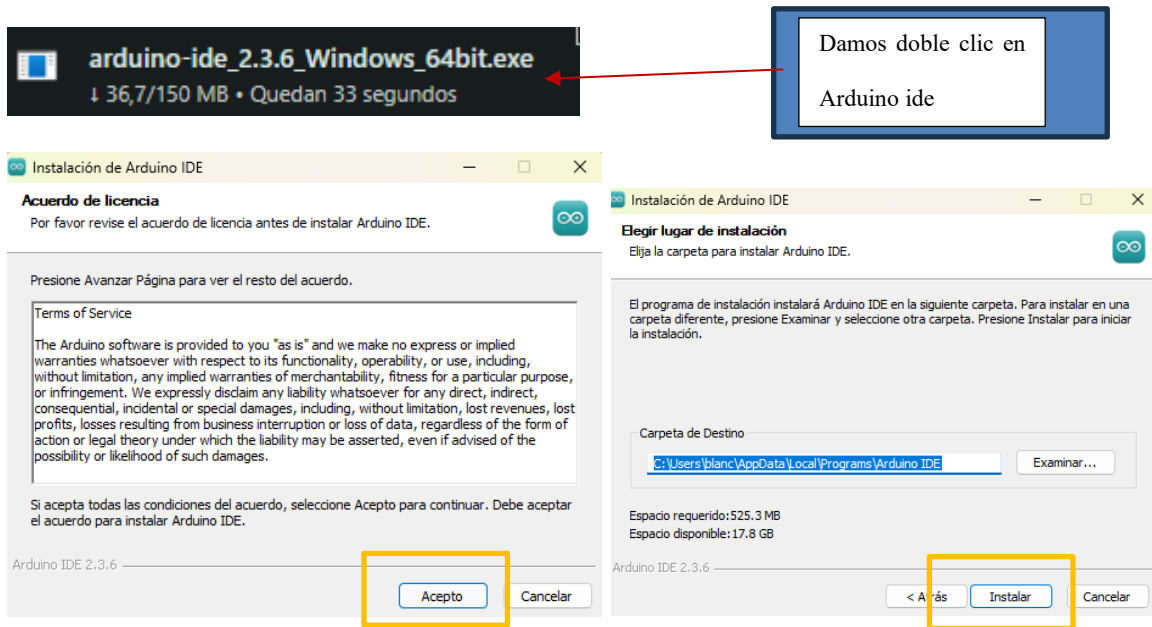
Windows Win 10 o más reciente (64 bits)

DESCARGAR

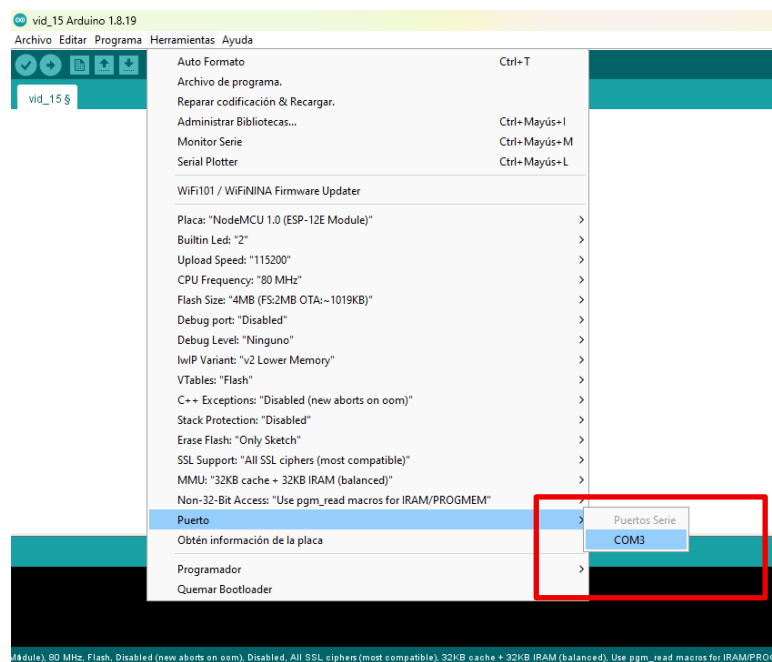
Construcciones nocturnas

Descargue una vista previa de la próxima versión con las características y correcciones de errores más actualizadas.

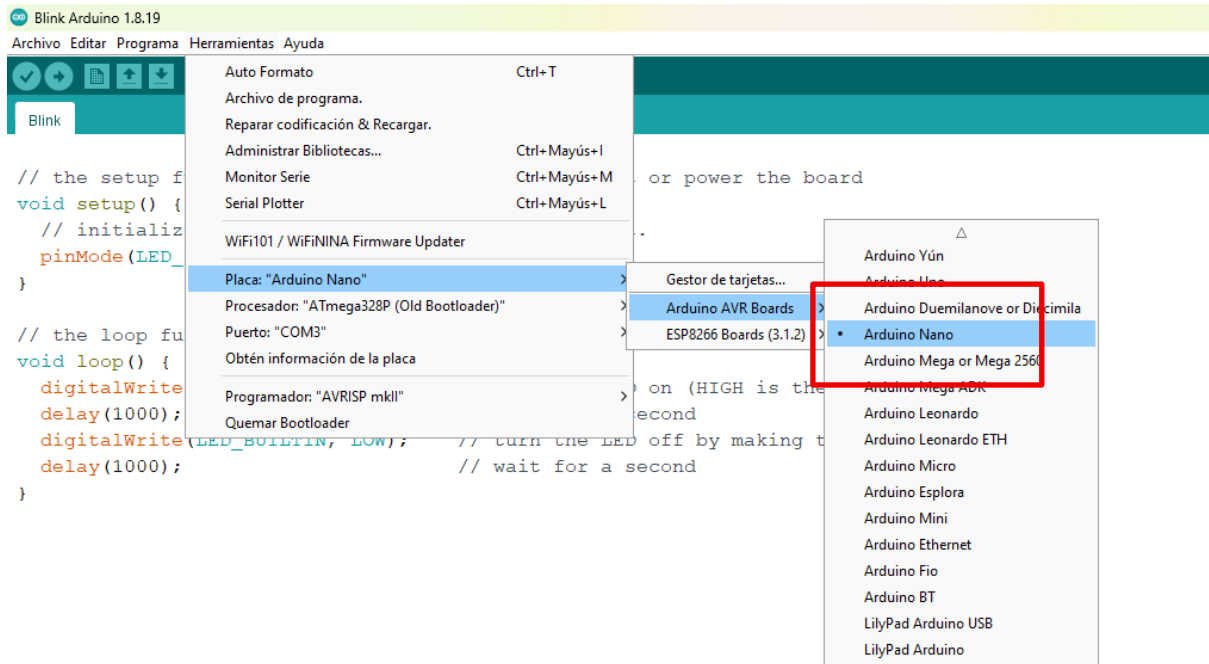
4. Una vez este descargado el programa le daremos doble click y lo instalaremos en la computadora



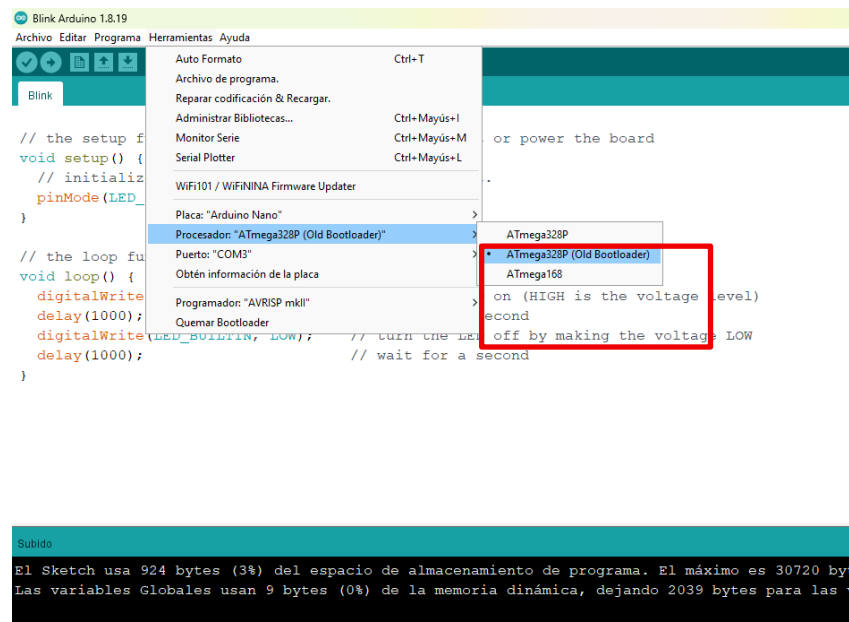
5. Abrirá el programa de Arduino y le damos clic a herramientas, luego a puerto y por último al COM que se logre visualizar en su computadora en mi caso es el COM3.



6. Ahí mismo en herramientas ubicara “Placa” y dentro de ahí le dará clic en Arduino, el tipo de Arduino que queremos programar, Arduino nano, le dará clic y donde dice Arduino AVR Boards buscara el que dice Arduino Nano.



7. En herramientas donde dice tipo de procesador pondra el ATmega328P (old bootloader).



Nota: estos procedimientos se deberá utilizar cada vez que se realice cualquier práctica.

Pregunta

¿Cuál es el error más común si el Arduino Nano no se comunica con el software, incluso después de seleccionar el puerto COM correcto, y cómo se soluciona según los pasos de esta práctica?

Resultados

El resultado esperado de esta etapa de configuración es que el Arduino Nano quede correctamente reconocido por la computadora y el IDE, listo para recibir código.

Conclusión

La configuración inicial del entorno de desarrollo es crítica. La correcta selección del Puerto COM y, específicamente para el Arduino Nano, la elección del Procesador ATmega328P (old bootloader) aseguran la comunicación serial y la carga exitosa de los programas al microcontrolador.

Práctica 2

CONTROL DE LEDS CON BOTONES EN LA TARJETA DE ENTRENAMIENTO

ARDUINO NANO ATMEGA168

Este código es el primero en ser cargado después de la configuración inicial del entorno de desarrollo de Arduino IDE (selección de placa "Arduino Nano" y procesador "ATmega328P (Old Bootloader)"). Su objetivo es realizar una prueba funcional e individual de los primeros cuatro LEDs del bargraph y sus respectivos botones pulsadores, confirmando la correcta interconexión entre la bornera, los botones (D0-D3), los LEDs (D10-D13) y el microcontrolador.

Objetivos

Compilación y Carga del Programa

- El objetivo es transferir el código al microcontrolador ATmega168.
- Cargar el sketch (código de la Práctica 2, ya proporcionado) al Arduino Nano, siguiendo los pasos de compilación exitosa y subida del programa.
- Confirmar que la carga se ha realizado sin errores, observando las luces indicadoras (TX/RX) en el PCB entrenador y los mensajes en el IDE de Arduino.

Operación Funcional del Hardware

- Interactuar con el PCB y validar su funcionamiento.
- Presionar los 4 botones en el entrenador PCB de acuerdo con las instrucciones de la práctica
- Observar el comportamiento de los 4 LEDs del bargraph para verificar si responden a las pulsaciones de los botones tal como lo dicta la lógica del programa cargado.

Materiales

- 1 Placa entrenadora PCB para Arduino nano ATM168
- 1 Arduino Nano ATmega168 componente central a montar en la PCB.
- 1 Cable de Datos cable USB (Micro-USB) para conectar el Arduino a la computadora.

Marco Teórico

Entradas Digitales con Pull-Up

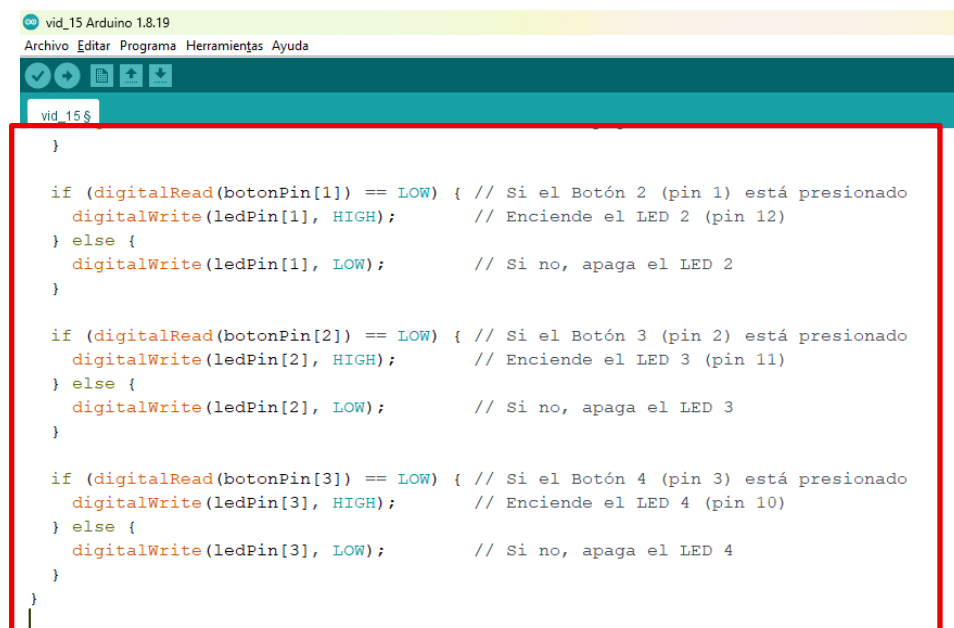
El programa se basa en la lectura de entradas digitales (los pines conectados a los botones) y la escritura en salidas digitales (los pines conectados a los LEDs).

`pinMode(pin, INPUT_PULLUP)`: Configura el pin del botón como una entrada digital y activa una resistencia pull-up interna. Esto garantiza que el pin digital se mantenga en estado lógico HIGH (Alto) cuando el botón no está presionado.

Lógica de Lectura: El LED se enciende cuando se presiona el botón, lo que provoca que el pin se conecte a tierra (GND) y el valor leído sea LOW (Bajo).

Desarrollo

1. Despues de realizar los pasos de la practica 1, se copiara y pegara el programa y pégalo en el IDE de Arduino.



```
vid_15 Arduino 1.8.19
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

vid_15$

}

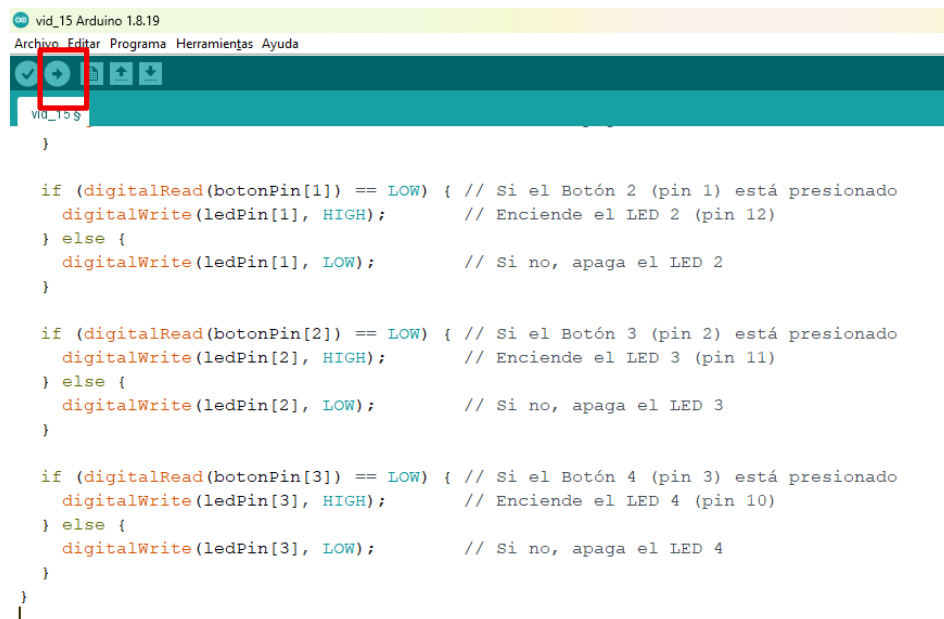
if (digitalRead(botonPin[1]) == LOW) { // Si el Botón 2 (pin 1) está presionado
  digitalWrite(ledPin[1], HIGH);      // Enciende el LED 2 (pin 12)
} else {
  digitalWrite(ledPin[1], LOW);        // Si no, apaga el LED 2
}

if (digitalRead(botonPin[2]) == LOW) { // Si el Botón 3 (pin 2) está presionado
  digitalWrite(ledPin[2], HIGH);      // Enciende el LED 3 (pin 11)
} else {
  digitalWrite(ledPin[2], LOW);        // Si no, apaga el LED 3
}

if (digitalRead(botonPin[3]) == LOW) { // Si el Botón 4 (pin 3) está presionado
  digitalWrite(ledPin[3], HIGH);      // Enciende el LED 4 (pin 10)
} else {
  digitalWrite(ledPin[3], LOW);        // Si no, apaga el LED 4
}

}
|
```

2. Se cargara el programa que escribimos a la tarjeta utilizando la herramienta subir.



```
vid_15 Arduino 1.8.19
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

vid_15$

}

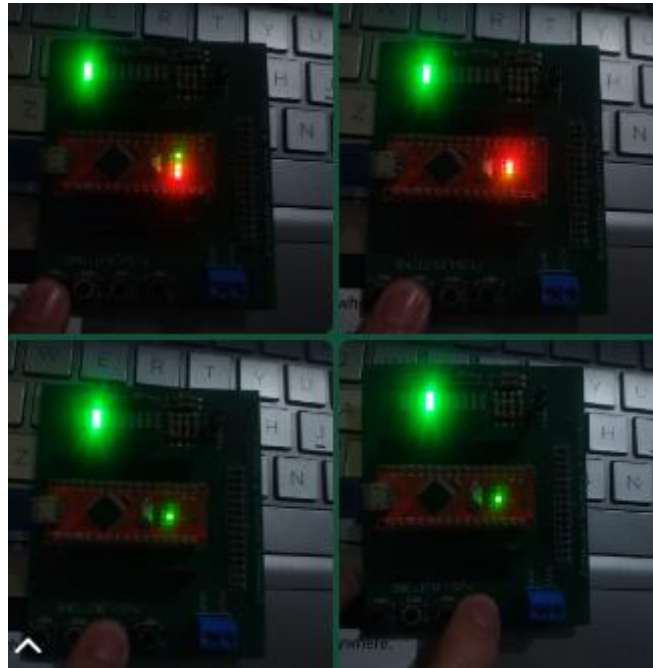
if (digitalRead(botonPin[1]) == LOW) { // Si el Botón 2 (pin 1) está presionado
  digitalWrite(ledPin[1], HIGH);      // Enciende el LED 2 (pin 12)
} else {
  digitalWrite(ledPin[1], LOW);        // Si no, apaga el LED 2
}

if (digitalRead(botonPin[2]) == LOW) { // Si el Botón 3 (pin 2) está presionado
  digitalWrite(ledPin[2], HIGH);      // Enciende el LED 3 (pin 11)
} else {
  digitalWrite(ledPin[2], LOW);        // Si no, apaga el LED 3
}

if (digitalRead(botonPin[3]) == LOW) { // Si el Botón 4 (pin 3) está presionado
  digitalWrite(ledPin[3], HIGH);      // Enciende el LED 4 (pin 10)
} else {
  digitalWrite(ledPin[3], LOW);        // Si no, apaga el LED 4
}

}
|
```

3. El resultado de este código debe de ser que con cada uno de los 4 botones se prenda del led 1 al led 4 del bargraph.



Código para Prueba Individual

// Definimos los pines de los LEDs (Segmentos 1 al 4)

```
const int ledPin[] = {13, 12, 11, 10};
```

// Definimos los pines de los botones (Botones 1 al 4)

// Se intercambiaron los pines para que el botón 1 prenda el led 1

```
const int botonPin[] = {0, 1, 2, 3};
```

```
void setup() {
```

```
    // Configura los pines de los LEDs como salidas
```

```
    for (int i = 0; i < 4; i++) {
```

```

    pinMode(ledPin[i], OUTPUT);

}

// Configura los pines de los botones como entradas
// con resistencia pull-up interna
for (int i = 0; i < 4; i++) {

    pinMode(botonPin[i], INPUT_PULLUP);

}

}

void loop() {

    // Revisa el estado de cada botón

    if (digitalRead(botonPin[0]) == LOW) { // Si el Botón 1 (pin 0) está presionado

        digitalWrite(ledPin[0], HIGH);    // Enciende el LED 1 (pin 13)

    } else {

        digitalWrite(ledPin[0], LOW);    // Si no, apaga el LED 1

    }

    if (digitalRead(botonPin[1]) == LOW) { // Si el Botón 2 (pin 1) está presionado

        digitalWrite(ledPin[1], HIGH);    // Enciende el LED 2 (pin 12)

    } else {

        digitalWrite(ledPin[1], LOW);    // Si no, apaga el LED 2

    }

    if (digitalRead(botonPin[2]) == LOW) { // Si el Botón 3 (pin 2) está presionado

```

```

    digitalWrite(ledPin[2], HIGH);    // Enciende el LED 3 (pin 11)
  } else {
    digitalWrite(ledPin[2], LOW);    // Si no, apaga el LED 3
  }

  if (digitalRead(botonPin[3]) == LOW) { // Si el Botón 4 (pin 3) está presionado
    digitalWrite(ledPin[3], HIGH);    // Enciende el LED 4 (pin 10)
  } else {
    digitalWrite(ledPin[3], LOW);    // Si no, apaga el LED 4
  }
}

```

Pregunta

¿Qué valor debe retornar la función `digitalRead()` del pin del botón (LOW o HIGH) para que se ejecute la instrucción `digitalWrite(ledPin[i], HIGH);` que enciende el LED?

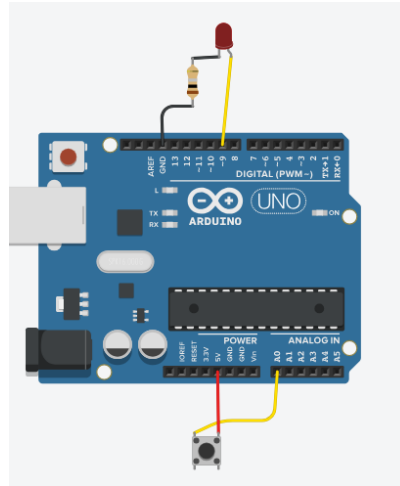
Resultados

Al presionar cada uno de los cuatro botones individualmente, el LED correspondiente dentro del bargraph (LEDs 1 a 4) debe encenderse mientras se mantenga la pulsación, y apagarse al soltar.

Conclusiones

Se confirma que las entradas (D0 a D3) y las salidas (D10 a D13) de la tarjeta están funcionando correctamente, y que la circuitería asociada a los primeros cuatro LEDs y botones está bien interconectada.

Diagrama de conexión



Práctica 3

ENCENDIDO TOTAL DE LEDS EN LA TARJETA DE ENTRENAMIENTO

ARDUINO NANO ATMEGA168

Se realizará una prueba de máximo esfuerzo sobre todos los LEDs disponibles en el bargraph de la tarjeta. Utilizar un código simple que encender de forma simultánea todos los LEDs, para verificar la continuidad eléctrica y la correcta polarización de cada uno de los 10 LEDs del segmento, conectados a los pines D4 a D13.

Objetivos

Verificación del Código y Entorno

- El objetivo es asegurar que el entorno esté listo para la tarea más simple.
- Abrir el sketch de la Práctica 3, "Encendido Total de LEDs", en el IDE de Arduino.
- Confirmar que la configuración de la placa (Arduino Nano) y el puerto COM/Serial siguen siendo correctos para la comunicación con el entrenador PCB.

Carga y Ejecución del Programa

- Transferir el programa que realiza la acción específica.
- Compilar y cargar el código al microcontrolador ATmega168, siguiendo el procedimiento estándar de transferencia de sketches.
- Identificar los mensajes de éxito en el IDE que confirman la carga correcta del código al dispositivo.

Validación del Encendido de Salidas

- verificar el funcionamiento de todas las salidas digitales (los LEDs).
- Observar inmediatamente el PCB entrenador tras la carga del código.
- Verificar que todos los LEDs conectados a las salidas digitales programadas se enciendan simultáneamente y permanezcan en ese estado.

Materiales

- 1 Placa entrenadora PCB para Arduino nano ATM168
- 1 Arduino Nano ATmega168 componente central a montar en la PCB.
- 1 Cable de Datos cable USB (Micro-USB) para conectar el Arduino a la computadora.

Marco Teórico

Uso de Arreglos y Ciclos for

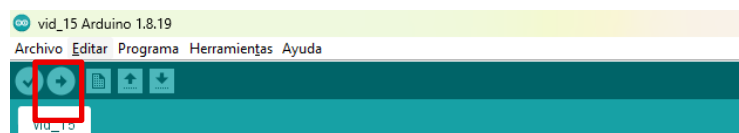
Este código se enfoca exclusivamente en las salidas digitales y utiliza un arreglo (const int ledPin[]) para almacenar los 10 pines.

setup(): El ciclo for itera a través del arreglo de pines, configurando automáticamente los 10 pines como salidas digitales (pinMode).

loop(): El ciclo for se repite para mantener todos los LEDs encendidos de manera constante (digitalWrite(..., HIGH)). La simplicidad del loop asegura que el encendido sea permanente y simultáneo.

Desarrollo

1. Se cargará a la tarjeta otra vez con la instrucción subir del programa de



```
vid_15 Arduino 1.8.19
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

// Define los pines de los 10 LEDs (Segmentos del 1 al 10)
const int ledPin[] = {13, 12, 11, 10, 9, 8, 7, 6, 5, 4};
const int numLeds = 10;

void setup() {
  // Configura todos los pines de los LEDs como salidas
  for (int i = 0; i < numLeds; i++) {
    pinMode(ledPin[i], OUTPUT);
  }
}

void loop() {
  // Enciende todos los LEDs
  for (int i = 0; i < numLeds; i++) {
    digitalWrite(ledPin[i], HIGH);
  }
}
```

2. El resultado debería prender todos los leds del bargraph.



Código para Encendido Total

Vamos a hacer que prendan todos los leds con un código para demostrar que todos funcionan, para eso vamos a utilizar el siguiente código:

```
// Define los pines de los 10 LEDs (Segmentos del 1 al 10)
```

```
const int ledPin[] = {13, 12, 11, 10, 9, 8, 7, 6, 5, 4};
```

```
const int numLeds = 10;
```

```
void setup() {
```

```
// Configura todos los pines de los LEDs como salidas
```

```
for (int i = 0; i < numLeds; i++) {
```

```
pinMode(ledPin[i], OUTPUT);
```

```
}
```

```
}
```

```
void loop() {
```

```
// Enciende todos los LEDs
```

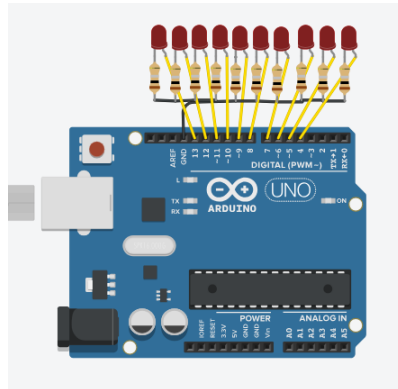
```
for (int i = 0; i < numLeds; i++) {
```

```
digitalWrite(ledPin[i], HIGH);
```

```
}
```

```
}
```

Diagrama de conexión



Pregunta

Si se quisiera que los LEDs parpadearan al mismo tiempo (encender un segundo y apagar un segundo), ¿qué instrucción y valor debería agregar dentro del void loop() y en qué posición?

Respuesta:

Resultados

Una vez que el código es cargado, todos los 10 LEDs del bargraph deben encenderse de manera simultánea y permanente.

Conclusiones

Se comprueba la funcionalidad completa de las salidas digitales D4 a D13 del microcontrolador y la integridad de la circuitería de alimentación de cada segmento LED.

PRÁCTICA 4

CONTROL DE UN MOTOR DC DE 6V MEDIANTE MÓDULO RELÉ EN LA TARJETA DE ENTRENAMIENTO ARDUINO NANO ATMEGA168

El propósito de esta práctica es implementar una interfaz de potencia utilizando un módulo relé para conmutar una carga que opera con un voltaje y corriente superiores a los que puede suministrar el microcontrolador (un motor de 6V. Se busca demostrar el funcionamiento del PCB usando los pines hembra del Arduino Nano y circuitos de potencia (Motor y Batería de 6V).

Esta sección detalla los componentes de hardware y software requeridos para la realización exitosa de la Práctica 3. A continuación, se presenta una tabla exhaustiva de los materiales necesarios, seguida de la metodología de desarrollo que incluye la conexión física de los circuitos de control y potencia, y el código fuente a implementar en el microcontrolador. El cumplimiento riguroso de esta metodología es indispensable para garantizar la correcta funcionalidad y la seguridad del sistema.

Materiales Requeridos

- 1 Placa entrenadora PCB para Arduino nano ATM168
- 1 Arduino Nano ATMega168 componente central a montar en la PCB.
- 1 Cable de Datos cable USB (Micro-USB) para conectar el Arduino a la computadora
- 1 Módulo Relé 5V de un canal (SRD-05VDC-SL-C)
- 1 Motor DC Voltaje nominal 6V
- 1 Batería o Fuente DC 6V(Pilas AA/AAA o fuente regulada)
- Varios Cables de conexión

Marco Teórico

El Relé y la Interfaz de Potencia

El relé funciona como un interruptor electromecánico. La señal de baja potencia del Arduino activa una bobina que genera un campo magnético, moviendo un contacto metálico que, a su vez, cierra o abre un circuito de alta potencia.

Aislamiento Galvánico

El uso del módulo relé es esencial para lograr el aislamiento galvánico entre el Arduino (5V) y la batería del motor (6V). Esto protege al microcontrolador de:

Altas corrientes: Que el motor podría demandar durante su operación o arranque.

Picos inductivos: Generados por la bobina del motor al ser apagado abruptamente.

Lógica Inversa del Módulo Relé

La mayoría de los módulos relé para Arduino utilizan un circuito de lógica inversa, lo que implica:

Activación: Enviar un nivel LOW (0V) al pin IN para activar (cerrar) la bobina del relé.

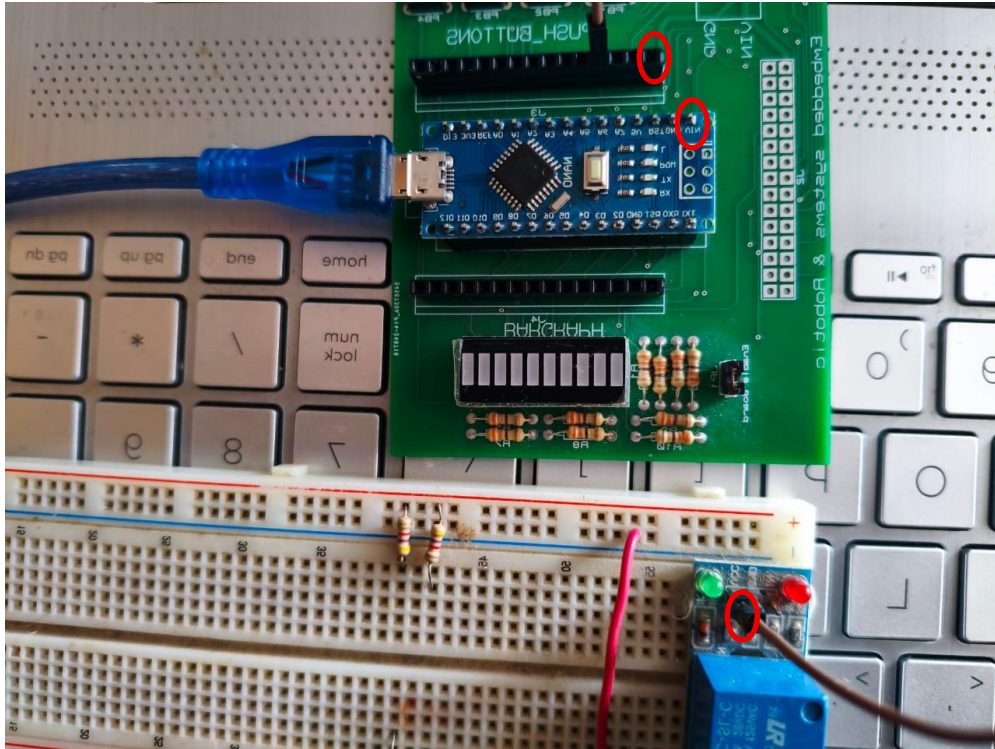
Desactivación: Enviar un nivel HIGH (5V) al pin IN para desactivar (abrir) la bobina.

Desarrollo

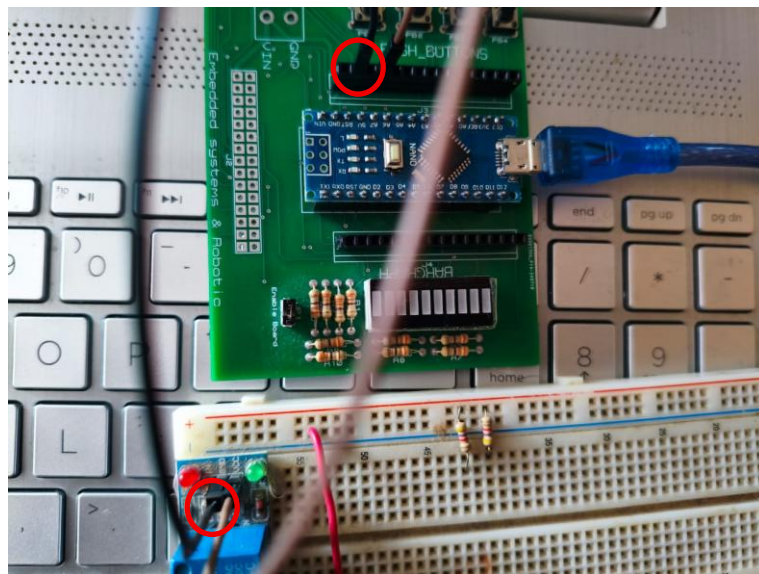
Conexión del Circuito de Control

Esta es la conexión de bajo voltaje entre el Arduino y los pines de control del relé.

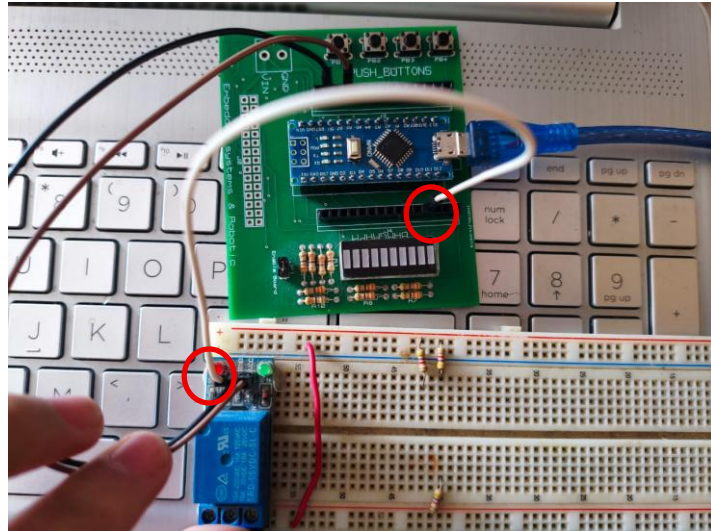
1. Conectar el pin VCC del Módulo Relé al pin 5V del Arduino Nano, fijándose en donde esta posicionado el 5V de el Arduino y luego ubicándolo en los pines hembra y por ultimo uniendo el otro extremo en el modulo rele



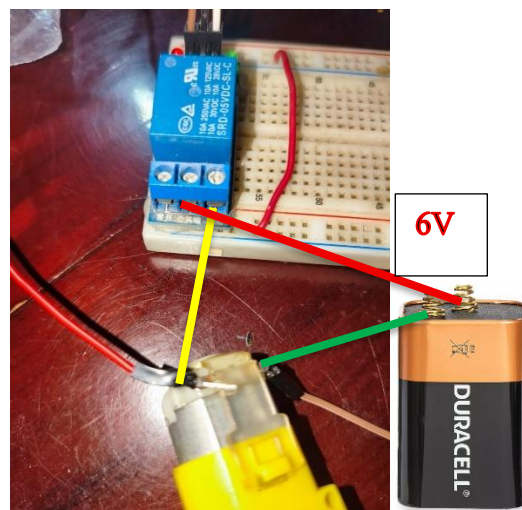
2. Conectar el pin GND del Módulo Relé al pin GND del Arduino



3. Conectar el pin de Señal (IN) del Módulo Relé al Pin Digital 9 (D9) del Arduino Nano



4. Conectar el Polo Positivo (+V) de la Batería de 6V al borne COM (Común) del relé (el borne CENTRAL), luego conecta un cable del motor al puerto al borne derecho y por último conecta el otro cable del motor al negativo de la batería de 6V



Programación y Carga del Código

Cargar el siguiente código al Arduino Nano para establecer un ciclo de encendido y apagado de 3 segundos:

```
const int RELAY_PIN = 9;
```

```
// Definición de estados (Lógica Inversa: LOW activa)
```

```
const int RELAY_ON = LOW;
```

```
const int RELAY_OFF = HIGH;
```

```
void setup() {
```

```
    pinMode(RELAY_PIN, OUTPUT);
```

```
    digitalWrite(RELAY_PIN, RELAY_OFF);
```

```
}
```

```
void loop() {
```

```
    // 1. Enciende el motor
```

```
    digitalWrite(RELAY_PIN, RELAY_ON);
```

```
    delay(3000); // 3 segundos encendido
```

```
    // 2. Apaga el motor
```

```
    digitalWrite(RELAY_PIN, RELAY_OFF);
```

```
    delay(3000); // 3 segundos apagado
```

```
}
```

Pregunta

¿Por qué se utiliza el borne NO (Normalmente Abierto) y no el borne NC (Normalmente Cerrado) para conectar el motor en esta práctica de control intermitente?

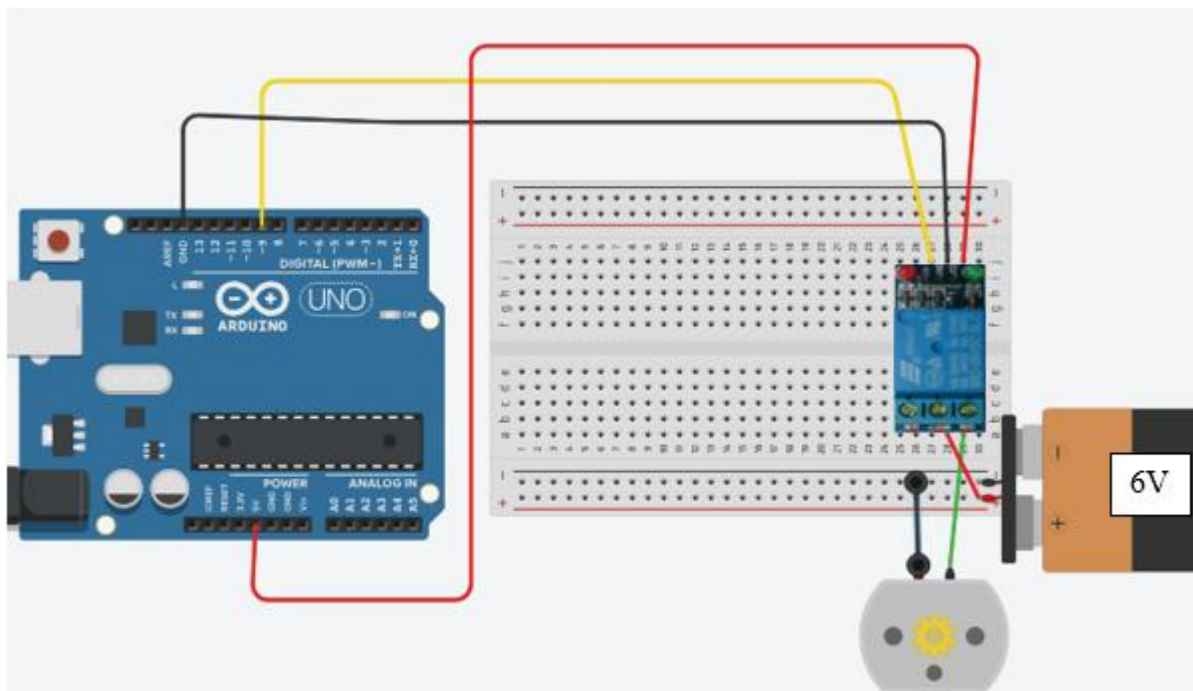
Resultados

Se observa la conmutación exitosa del relé, indicada por el sonido mecánico ("click") y el encendido del LED indicador en el módulo, en un ciclo de 3s encendido y 3s apagado. El motor de 6V gira de forma controlada según la lógica programada.

Conclusiones

La práctica demuestra la capacidad del módulo relé para actuar como una interfaz segura entre el circuito de control de baja potencia (5V del Arduino) y el circuito de potencia de la carga (6V del motor). Se concluye que al usar la conexión no se asegura que el motor permanezca apagado por defecto, iniciando su funcionamiento solo cuando el programa lo ordena, lo cual es la mejor práctica para aplicaciones de control de encendido y apagado.

Diagrama de conexión



Referencias

- Aguayo, P. (2004). Introducción al microcontrolador. *Artículo, noviembre*.
- Aparicio, M. P. (2010). *Diseño y desarrollo de circuitos impresos con KiCad*. Rc Libros.
- Arduino, Store Arduino. (2015). Arduino. *Arduino LLC*.
- Barranco, B. R. (2020). Módulo de entrenamiento para el desarrollo de aplicaciones electrónicas orientadas a la industria basado en microcontrolador arduino. *Unidades Tecnológicas de Santander*.
- Beltrán, J. F., Ayala, G. C., de Oca, J. d., Bahena, H. I., & Avelar, C. A. (2011). Módulo de entrenamiento basado en microcontroladores pic: diseño e implementación. *Ra Ximhai: revista científica de sociedad, cultura y desarrollo sostenible*, págs. 325-331.
- Bishop, R. H. (2002). *The Mechatronics Handbook - 2 Volume Set*. CRC Press.
- Brynjolfsson, E. &. (2014). En *The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. W. W. Norton & Company.
- de México, A. (2018). Ciudad de México.
- EDA for Education. (s. f.). *Learn how Proteus is used to teach Electronics*. Obtenido de <https://www.labcenter.com/education/>
- European Union. (2011). *RoHS directive*. Obtenido de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32011L0065>
- Fahmizal, S. M., Kom, M., & Utami, D. T. (2022). *Mudah Belajar Desain Printed Circuit Board (PCB) Perangkat Elektronika Menggunakan Autodesk EAGLE dan Fusion360 Student Version*. Deepublish.
- Formato APA 7ma Edición. (2017). *Formato APA 7ma Edición*. IPC-A-610G: Acceptability of Electronic Assemblies. IPC.
- Heskett, J. (2005). *El diseño en la vida cotidiana*. Gustavo Gili.

- Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. (2024). *Reglamento de la Ley Federal de la Propiedad Industrial en materia de Modelos y Diseños Industriales*. Obtenido de https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LPI_161216.pdf
- Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. (2024). *Reglamento de la Ley Federal de la Propiedad Industrial en materia de Modelos y Diseños Industriales*. Obtenido de https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LPI_161216.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2010). Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/130311/Diagnostico_CONALEP.pdf
- International Organization for Standardization. (2015). *ISO 9001: Quality management systems - Requirements*. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/62085.html>
- IPC. (2020). *Generic standard on printed board design*. Obtenido de <https://www.ipc.org/TOC/IPC-2221A.pdf>
- IPC. (2022). *IPC-A-610: Acceptability of electronic assemblies*. Obtenido de <https://www.ipc.org/TOC/IPC-A-610G.pdf>
- Kernighan, B. W., & Ritchie, D. M. (1991). *El lenguaje de programación C*. Pearson Educación.
- López Guzmán, J. E., & Reinoso Figueroa, L. C. (2021). *Diseño e implementación de un módulo de entrenamiento para microcontrolador 18f4550 con software didáctico para la materia de microcontroladores I y II*. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21123>
- López, A. G. (2015). Diseño de una tarjeta de entrenamiento con el microcontrolador PIC18F4550. *Departamento de Telecomunicaciones. Facultad de Ingeniería Eléctrica*.

- LTSpice Information Center Analog Devices. (s.f.). *LTespecia*. Obtenido de Analog Devices:
<https://www.analog.com/en/resources/design-tools-and-calculators/ltspice-simulator.html>
- Montoya, N. M. (2005). ¿ Qué es el estado del arte? *Ciencia y Tecnología para la salud Visual y Ocular*, 73-75.
- Ngspice. (s. f.). *Ngspice, the open source Spice circuit simulator*. Obtenido de
<https://ngspice.sourceforge.io/>
- Olmos, A. (2022). *Uso de un laboratorio virtual para la mejora de la comprensión de circuitos eléctricos de corriente continua*. Obtenido de Cadernos Latino-Americanos de Engenharia, Tecnologia e Ciências Aplicadas:
<https://tech.sapienzaeditorial.com/index.php/CLADETEC/article/view/629>
- Pérez, E. M. (2007). *Microcontroladores PIC: sistema integrado para el autoaprendizaje*. Marcombo.
- Peterson, Z. (2023). *Altium Designer: el mejor software de diseño de circuitos*. Obtenido de
<https://resources.altium.com/es/p/best-circuit-design-software>
- Rajput, R. K. (2007). Integrated Electronics. Laxmi Publications.
- Rivera, A. G. (3 de junio de 2022). *Plataforma Educativa Luca: Curso en línea y Aprendizaje Esperado*. Obtenido de Plataforma Educativa Luca: <https://www.lucaedu.com/tipos-de-bachillerato/>
- Santos Medina, M. E., Muñoz Palma, L., & Becerra Arellano, R. (2007). El estado de la técnica y los recursos de información en el proceso de patentamiento. *Serie Bibliotecología y Gestión de Información*.
- Schwab, K. (2016). En *The Fourth Industrial Revolution*. World Economic Forum.
- Secretaría de Educación Pública,. (2024 de marzo de 12). *Boletín SEP no 206 Más de 29 millones de alumnos de educación básica, media superior y normales inician Ciclo*

Escolar 2022-2023. Obtenido de SEP. gob.mx.:
<https://www.gob.mx/sep/articulos/boletin-sep-no-206-mas-de-29-millones-de-alumnos-de-educacion-basica-media-superior-y-normales-inician-ciclo-escolar-2022-2023-sep?idiom=es>

Shamkhalichenar, H., & Bueche, C. J. (2020). Printed circuit board (PCB) technology for electrochemical sensors and sensing platforms. *Biosensors*, 159.

Subsecretaría de Educación Media Superior. (2024). *Colegios de Estudios Científicos y Tecnológicos de los Estados celebran 25 aniversario de su fundación*. Obtenido de https://educacionmediasuperior.sep.gob.mx/es_mx/sems/Colegios_de_Estudios_Cientificos_y_Tecnologicos_de_los_Estados_celebran_25_aniversario_de_su_fundacion#:~:text=Existen%201%2C156%20planteles%20del%20CECyTE,matr%C3%ADcula%20total%20de%20407%2C836%20alu

Tina-TI Website. (s. f.). *Programa de simulación analógica basado en SPICE*. Obtenido de Tina-TI Website: <https://www.ti.com/tool/TINA-TI>

Transfer Multisort Elektronik. (2022). *Diseño de electrónica, simuladores de circuitos electrónicos*. Obtenido de <https://www.tme.com/mx/es/news/library-articles/page/45469/disenio-de-electronica-simuladores-de-circuitos-electronicos/>

Villaseñor, M. L., Sánchez, M. Á., & Guerrero, M. L. (2018). Plataforma de entrenamiento para PIC. *Pistas Educativas*.