

**IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO EXPERIMENTAL DEL CONTROL DE
MOTORES DC ORIENTADO AL TRABAJO CON MATLAB**

DUVAN HARVEY MONSALVE

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
TECNOLOGÍA ELÉCTRICA
MEDELLÍN**

2025

**IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO EXPERIMENTAL DEL CONTROL DE
MOTORES DC ORIENTADO AL TRABAJO CON MATLAB**

DUVAN HARVEY MONSALVE

Trabajo de grado para optar al título de tecnólogo en eléctrica

Asesor técnico:

**Carlos Mario Moreno Paniagua.
Ingeniero eléctrico.**

Asesor metodológico:

**Carlos Alberto Ocampo Quintero.
Magister en Ingeniería - Ingeniería de Sistemas.**

INSTITUCIÓN UNIVERSIARIA PASCUAL BRAVO

FACULTAD DE INGENIERÍA

TECNOLOGÍA ELÉCTRICA

MEDELLÍN

2025

Contenido

	Pag.
1. Planteamiento del problema	11
1.1 Descripción.....	11
1.2 Formulación	12
2. Justificación	13
3. Objetivos.....	14
3.1 Objetivo general	14
3.2 Objetivos específicos.....	14
4. Referentes teóricos	15
4.1 Contexto de las prácticas de control de motores eléctricos.....	15
4.2 Contexto de las prácticas de control de motores eléctricos.....	15
4.3 Motores de corriente alterna.....	16
4.4 Control de velocidad de motores eléctricos DC.....	17
4.5 Control de flujo:	17
4.6 Control de inducido:.....	17
4.7 Control de voltaje:.....	18
4.8 Placas de desarrollo con microcontrolador:	18
4.9 Herramienta MATHLAB	19
4.10 Modulos didácticos	19
5. Metodología.....	21
5.1 Tipo de proyecto.....	21
5.2 Método	21
5.3 Instrumentos de recolección de información.	22
5.3.1. Fuentes primarias.....	22
5.3.2. Fuentes secundarias	22

6.	Resultados.....	23
7.	Conclusiones.....	31
8.	Recomendaciones	32
9.	Referencias bibliográficas	33
10.	Bibliografía.....	34

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1. Figura de principio fundamental de un motor eléctricos.	16
Figura 2. Partes de un motor de corriente alterna.	16
Figura 3. Diagrama en bloques del tablero didáctico.	23
Figura 4. Tarjeta de arduino usada en el tablero.....	25
Figura 5. PC Box y sus entradas de conexión.	25
Figura 6. Display HDMI que se pondrá en el tablero.....	26
Figura 7. Maletín donde se armará el tablero.	26
Figura 8. Interconexión de componentes.....	27
Figura 9. Pruebas con la tarjeta de desarrollo.....	28
Figura 10. Conexión de los elementos en el maletín.....	29
Figura 11. Tablero construido completamente.	29

Resumen

IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO EXPERIMENTAL DEL CONTROL DE MOTORES DC ORIENTADO AL TRABAJO CON MATLAB

DUVAN HARVEY MONSALVE

Este trabajo de grado presenta la implementación de un módulo experimental de control de motores DC orientado al trabajo con MATLAB, con el propósito de fortalecer el aprendizaje práctico de los estudiantes del programa de Tecnología Eléctrica. El sistema desarrollado integra una parte de hardware, compuesta por una tarjeta Arduino nano, un driver de motores, motores DC y un sistema de alimentación; y una parte de software donde se usa MATLAB para la simulación, monitoreo y control de variables eléctricas como voltaje, corriente y velocidad.

El módulo fue construido en un maletín de aluminio, pensado para ser portátil y fácil de usar. Se realizaron pruebas de funcionamiento en donde se validó la comunicación entre los componentes electrónicos y el entorno MATLAB, logrando un control estable del motor. Además, se elaboraron guías básicas de uso que permiten a los estudiantes interactuar con el equipo de forma autónoma.

Este proyecto permite reforzar el enfoque práctico de asignaturas como Máquinas Eléctricas y Sistemas de Automatización, acercando al estudiante a escenarios reales de control industrial. Se concluye que el módulo es funcional, didáctico y aplicable a entornos educativos técnicos.

Palabras claves: Motor DC, Arduino nano, MATLAB, módulo didáctico, control de velocidad.

Abstract

This thesis presents the implementation of an experimental DC motor control module designed to work with MATLAB, with the aim of strengthening the practical learning of students in the Electrical Technology program. The developed system integrates a hardware component, consisting of an Arduino Nano board, a motor driver, DC motors, and a power supply system; and a software component that uses MATLAB for the simulation, monitoring, and control of electrical variables such as voltage, current, and speed.

The module was built in an aluminum case, designed to be portable and easy to use. Functional tests were conducted to validate communication between electronic components and the MATLAB environment, achieving stable motor control. In addition, basic user guides were developed to allow students to interact with the equipment independently.

This project reinforces the practical approach to subjects such as Electrical Machines and Automation Systems, bringing students closer to real-life industrial control scenarios. It is concluded that the module is functional, didactic, and applicable to technical educational environments.

Keywords: DC motor, Arduino Nano, MATLAB, teaching module, speed control.

Glosario

Arduino Nano: Microcontrolador de tamaño reducido utilizado para controlar dispositivos electrónicos. Es programable desde el computador y permite leer sensores y enviar señales de control.

Corriente continua (DC): Tipo de corriente eléctrica que fluye en una sola dirección. Es la utilizada en los motores del proyecto.

Display HDMI: Pantalla que permite visualizar datos, gráficas y resultados del sistema. Funciona conectada al mini PC mediante el puerto HDMI.

Fuente suicheada: Dispositivo electrónico que convierte corriente alterna en corriente continua, regulando el voltaje y protegiendo el sistema.

MATLAB: Software de cálculo y simulación numérica utilizado para programar, analizar y representar gráficamente los datos del sistema.

Motor DC: Máquina eléctrica que convierte energía eléctrica en movimiento mecánico. Se utiliza en el módulo para simular aplicaciones reales de control.

Módulo didáctico: Conjunto de elementos prácticos y teóricos diseñados para facilitar el aprendizaje técnico de un tema específico.

PC Box: Minicomputador que sirve como estación de trabajo principal del módulo. Ejecuta el software necesario para la interacción con el hardware.

Respuesta Transitoria: Comportamiento de un sistema dinámico desde el momento en que recibe una perturbación hasta que alcanza su estado estable. Se analiza con herramientas como la función de transferencia.

Simulación: Proceso de modelado de un sistema real en un entorno virtual para analizar su comportamiento bajo diferentes condiciones sin necesidad de construir un prototipo físico.

Sistema Dinámico: Un sistema cuya salida depende no solo de las entradas actuales, sino también de su historial de estados. Se puede modelar mediante ecuaciones diferenciales, funciones de transferencia o representaciones en espacio de estados.

Variables de estado: Son el conjunto más pequeño de variables que determinan el comportamiento dinámico de un sistema. Estas variables son fundamentales para entender y analizar el comportamiento de sistemas en diversas disciplinas.

Introducción

El planteamiento del problema de este proyecto denominado implementación de un módulo experimental de control de motores DC orientado al trabajo con MATLAB está compuesto por dos partes, la primera una parte lógica de control (hardware) y la segunda una parte analítica descriptiva del software (lógica) MATLAB, estas dos forman una pregunta sobre el trabajo de investigación.

Es de mucha importancia que la Institución Universitaria Pascual Bravo forme graduados de calidad en el sector eléctrico y estos puedan dar soluciones en problemas de fallas a nivel industrial cuando se trate de automatización y se pueda cumplir con la optimización de funcionalidad de procesos industriales.

Esto es posible si se obtiene un entrenador que ayude a estudiantes próximos a graduarse y para los que aspiran a tener una formación profesional en el área de eléctrica.

1. Planteamiento del problema

1.1 Descripción

Es en la institución universitaria pascual bravo ubicada en la dirección Calle 73 # 73A -226, Se dicta el programa de tecnología eléctrica donde se le dan conocimientos al personal estudiantil para que opte el título de tecnólogo en eléctrica, dicho programa tiene un pensum académico el cual se debe cumplir a cabalidad tanto en lo teórico como en lo práctico.

En lo teórico se dictan materias enfocadas en el área de motores como son maquinas eléctricas uno y maquinas eléctricas dos, basado en motores AC y motores DC, estos cursos corresponde a los dos últimos semestres quinto y sexto. El estudiante debe de practicar este conocimiento teórico en un laboratorio llamado maquinas eléctricas, el cual está ubicado en el bloque 10 de dicha institución.

Es de mucha importancia que el estudiante practique en esta área de motores, porque cuando salga como egresado y comience su vida laboral a nivel industrial se va a encontrar con motores DC; estos se empelan para automatización de procesos, en la fabricación de alimentos u objetos que se usen en la vida cotidiana de la sociedad.

Por lo tanto, enfatizo que el estudiante debe de obtener conocimientos en variables como son voltaje, corriente, potencia impedancia e inductancia que son de uso en los motores DC, para que el estudiante pueda cumplir con este conocimiento o profundizar en este, se requiere de un módulo experimental de control de motores DC orientado al trabajo con MATLAB.

Este entrenador va ligado en su parte de hardware con un software llamado MATLAB el cual va a ayudar al estudiante a la identificación de problemas de las variables ya mencionadas asociadas a los motores DC y así podrá identificar y asociar una falla en la industria y dar su posible solución en lo teórico y en lo práctico.

1.2 Formulación

¿Cómo implementar un módulo didáctico que permita la realización de prácticas en los cursos e investigación en el departamento de eléctrica de la institución universitaria Pascual Bravo, para que el estudiante pueda identificar fallas y dar soluciones en motores DC a nivel industrial o en la automatización de procesos?

2. Justificación

El desarrollo industrial ha sido un concepto bastante profundizado en los últimos tiempos pues ha sido el estado ideal para la solución de problemas en todas las áreas y conocimientos de una sociedad que está en constante demanda y consumo de todo lo que nos rodea cuando se trata de soluciones tecnológicas; Sin embargo, para poder ubicarnos como sociedad en desarrollo, es un proceso que requiere de individuos que usen y desarrollen estrategias que permitan dar soluciones en la modernidad tecnológica que nos rodea.

Uno de los escenarios que permite ubicar un país, sociedad o comunidad dentro del desarrollo, es la tecnología.

Esta permite el aumento constante de productividad de la inversión y de la tasa de crecimiento. Si se carece de ella se corre el riesgo de volver a un retroceso de falta de conocimiento, desarrollo y de interés de otras sociedades más competitivas que la nuestra.

Es de vital importancia estar preparados para atender los próximos retos en avances tecnológicos y posicionarnos como sociedad competitiva, ante un mundo donde nos están enseñando e instruyendo con las nuevas herramientas y desarrollos tecnológicos y así posesionarnos como país en competitivo en la región.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Implementar un módulo didáctico para el desarrollo experimental de prácticas de control de motores DC serial, orientado al trabajo con MATLAB aplicable a cursos de SAC.

3.2 Objetivos específicos

Diseñar un tablero didáctico con hardware de Arduino mediante la determinación de los parámetros, que garantice la comunicación con la parte lógica del software MATLAB.

Construir el módulo didáctico mediante la realización de las conexiones del circuito electrónico con sus respectivos periféricos, en particular el motor DC y los drivers respectivos, compactando el diseño en un maletín.

Realizar pruebas de control y validar los resultados gráficos con el software MATLAB agregando las guías de uso y prácticas con el módulo didáctico.

4. Referentes teóricos

4.1 Contexto de las prácticas de control de motores eléctricos

Para analizar y comprender el diseño de un módulo experimental de control en motores DC orientado al trabajo con MATLAB, desde un punto de vista investigativo que permita conocer el funcionamiento de un motor en DC y sus variables físicas, permitiendo controlar todas estas.

A través de un enfoque que debe gustar a los investigadores, como estudiantes y profesores, ya que su papel o función es, justamente, el conocimiento y la explicación de una parte de este (sistema vs tecnología) en realidad con todo lo que nos rodea, y, sobre la base de esos conocimientos poder precisar o predecir el comportamiento de un evento, como la tecnología que aunque haya mucho avance y desarrollo en ella, también presenta falencias que nos ponen en duda de su capacidad para la respuesta de preguntas que nos hacemos sobre su efectividad sobre nosotros como humanos, y en base a esto es necesario disponer de mecanismos interdisciplinarios para efectuar soluciones rápidas y prontas a las tantas falencias tecnológicas que existe en nuestra sociedad colombiana.

4.2 Contexto de las prácticas de control de motores eléctricos

Cada saber debe presentar un texto referenciado desde fuentes arbitradas con sus respectiva figura o tabla y posiblemente fórmulas matemáticas. (García-Peñalvo, 2019). La Teoría de Motores Eléctricos permite definir su capacidad de función, leyes eléctricas, mecánicas y físicas, permitiendo a un análisis científico mucho más investigativo.

La Universidad Nacional de la Plata define un motor eléctrico como una máquina eléctrica rotatoria que transforman la energía eléctrica en energía mecánica de rotación en un eje. su funcionamiento se basa en variables físicas que actúan como fuerzas de atracción y repulsión provocadas entre un imán y un conductor (bobina) por donde circula una corriente eléctrica. en el estudio de los motores se define dos clases de ellos que son los motores de energía continua DC y motor de energía alternar AC, como se presenta en la figura 1.

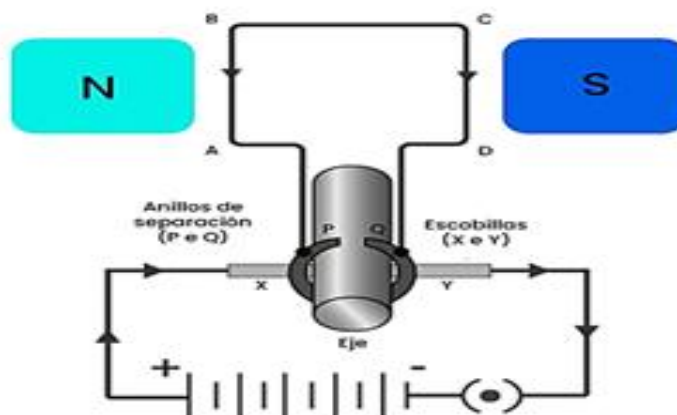


Figura 1. Figura de principio fundamental de un motor eléctricos.

Fuente: Tractian s.f.

4.3 Motores de corriente alterna

Los motores de energía alterna AC, como el de la figura 2, tienen en su principio fundamental, el campo magnético giratorio que crea una corriente alterna trifásica (3 fases) por el científico Tesla (Científico del imperio austriaco 1856 - 1943) y en el descubrimiento de las corrientes inducidas de Faraday (Científico Británico 1791 a 1867); dicho campo rotante producido en el estator, induce otro campo otro campo magnético en el bobinado del rotor, el cual tiende acoplarse con el campo del estator y así producir el movimiento rotante. (Universidad Nacional de La Plata. s.f.)



Figura 2. Partes de un motor de corriente alterna.

Fuente: FocusCE. s.f.

Los motores de C.A encuentran una amplia gama de aplicaciones en diversos campos, incluyendo electrodoméstico: neveras, lavadoras, licuadoras, aspiradoras, etc, herramientas eléctricas: taladros, sierras, amoladoras y otras herramientas para el trabajo, transporte: ascensores, escaleras mecánicas y vehículos eléctricos e industria: Maquinas-herramientas, líneas de producción y procesos industriales.

4.4 Control de velocidad de motores eléctricos DC

Los motores de DC se utilizan se utilizan en aplicaciones de control de velocidad preciso debido a su capacidad para proporcionar una alternancia desde una posición de parada hasta la velocidad máxima con bastante facilidad y eficiencia. existe el control de flujo, control de inducido y control de voltaje.

4.5 Control de flujo:

La velocidad de un motor DC se puede controlar cambiando el flujo que se le aplica, ya que la velocidad del motor es inversamente proporcional al flujo por polo; este proceso se hace por medio de una resistencia variable o reóstato en serie con el bobinado de campo.

El aumento de la resistencia aumentará la velocidad ya que disminuirá el flujo magnético del motor cambiando la relación entre la fuerza contraelectromotriz y la velocidad.

4.6 Control de inducido:

La velocidad de un motor de DC es directamente proporcional a la EMF trasera. Eso significa que, cuando la tensión de alimentación y la resistencia del inducido se mantiene constantes, la velocidad es directamente proporcional a la corriente del inducido.

Por lo tanto, si se agrega resistencia en serie con el inducido, la corriente disminuirá y, por lo tanto, la velocidad también disminuirá al aparecer un torque dinámico negativo que corresponde a una aceleración negativa que hace disminuir la velocidad del motor eléctrico.

4.7 Control de voltaje:

El campo de derivación recibe un voltaje de excitación fijo, pero se aplican voltajes variables al inducido. Este voltaje a través del inducido se controla mediante un dispositivo de conmutación adecuado y la velocidad del motor es generalmente proporcional al voltaje a través del inducido.

4.8 Placas de desarrollo con microcontrolador:

Un Arduino es una placa o plataforma electrónica interactiva de código abierto, su funcionalidad o principio es contar con un software y hardware, con funcionalidad para programar. Básicamente lo que permite esta herramienta es la generación de infinidad de tipos de microordenadores de una sola placa, que luego pueden tener una amplia variedad de usos según la necesidad de la persona que lo cree.

Un Arduino se puede utilizar para desarrollo de elementos autónomos, o bien conectarse a otros dispositivos o interactuar con otros programas, para interactuar tanto con el software como el hardware. Sirve para controlar elementos como, por ejemplo: Un motor, luces, domótica a través de un programa desde un PC; por medio de una interfaz o protocolo de comunicación serial, USB o bluetooth.

Esta placa electrónica puede tener muchas referencias de microcontroladores como, por ejemplo: de 8 bits, 16 bits, bits, con cantidad de marcas como fabricantes.

En este proyecto se trabaja con el módulo de control o tarjeta de adquisición, de 32 Bits. Este sirve OIT con conexión wifi o bluetooth y soporte amplio de periféricos con múltiples formatos de comunicación. Estas son sus características o especificaciones técnicas:

Procesador Tesla Xtena 32bits LX6 hasta 240MHz.

Wi-Fi: 802.11b/g/n/e/i (802.11n @ 2.4 Ghz hasta 150 Mbit/s).

Bluetooth: v4.2 BR/EDR y bluetooth Low Energy (BLE).

Rom:448 KiB.

SRAM: 520 KiB.

RTC slow SRAM: 8 KiB.

RTC fast SRAM: 8 KiB.

Seguridad tipo IEEE 802.11, WFA, WPA/WPA2 y WAPI.

Encriptación de memoria Flash.

4.9 Herramienta MATLAB

MATLAB, Matrix Laboratory o Laboratorio de Matrices; es un sistema de cómputo numérico que ofrece un entorno de desarrollo integrado (IDE) con un lenguaje de programación y cálculos numéricos, propio (lenguaje M) avanzado, utilizada por millones de ingenieros y científicos, para analizar datos, desarrollar algoritmos, crear modelos, procesamiento de señales e imágenes, sistemas de control, comunicaciones inalámbricas y robóticas.

MATLAB posee una caja de herramientas o de instrumentos llamada TOOLBOX, para programación o análisis de imágenes, datos, algoritmo, graficas, etc.; Estas herramientas son algunas:

Statistics and Machine Learning Toolbox

Curve Fitting Toolbox

Control System Toolbox

Signal Processing Toolbox

MapPoint Toolbox

Datafeed Toolbox

4.10 Módulos didácticos

Un módulo didáctico o de aprendizaje es una sesión de formación construida con herramientas teóricas-prácticas que contiene información para el aprendizaje de un tema específico.

Los módulos didácticos de entrenamiento o enseñanza son útiles en cualquier conocimiento científico practico ya que ayuda al interesado a tener formación autónoma sin depender tanto del tutor o formador,

Existen módulos didácticos de; diseño, matemáticos, español, e industrial. Es una herramienta para un mejor, método de aprendizaje. Se puede concluir que un módulo didáctico es una herramienta de aprendizaje que se aplica para la formación técnica en todas las universidades del mundo.

5. Metodología

5.1 Tipo de proyecto

En este proyecto de grado se aplicará una metodología descriptiva, donde se mostrará los fenómenos físicos al observar sus cambios en diferentes etapas, dependiendo de sus variables a medir o analizar.

Este tipo de metodología permitirá describir el proyecto con un diseño que se pueda implementar de fácil manejo y así conocer todo su proceso para el aprendizaje y funcionamiento correcto del módulo entrenado.

5.2 Método

Para diseñar un tablero didáctico con hardware de Arduino mediante la determinación de los parámetros, que garantice la comunicación con la parte lógica del software MATLAB, se deben realizar las actividades de: hacer el diagrama en bloques del tablero didáctico de experimentación de motores. Seleccionar los componentes que conformarán el tablero didáctico. Especificar los parámetros constructivos y de funcionamiento de los componentes de tablero didáctico. Crear el diagrama de interconexión de los componentes del tablero didáctico y el diagrama de montaje mecánico de los componentes.

Para construir el módulo didáctico mediante la realización de las conexiones del circuito electrónico con sus respectivos periféricos, en particular el motor DC y los drivers respectivos se siguen las actividades: Hacer perforaciones en el maletín y las placas plásticas que sostienen las prácticas. Instalar el PC-Box con su fuente y la pantalla LCD. Instalar los módulos electrónicos con microcontrolador, driver de motores, motores, sensores, etc. Revisión y energización de los componentes a nivel de correcta conexión.

Para realizar pruebas de control y validar los resultados gráficos con el software MATLAB se siguen las actividades: Verificar la operación de los componentes electrónicos con los

dispositivos de cómputo. Lanzar pruebas de programación del sistema electrónico. Hacer una guía de usuario del tablero didáctico. Hacer una guía de experimentos básicos.

5.3 Instrumentos de recolección de información.

5.3.1. Fuentes primarias. Maquinas eléctricas motores C.C, acondicionamientos, motores C.A Fourier TOMO. 2

Maquinas eléctricas: Magnetismo, principios, transformadores, motores. TOMO 1.

5.3.2. Fuentes secundarias. Revista energía y computación- motores eléctricos de alta eficiencia.vol 12 no 1 (2004) universidad del Valle.

6. Resultados

El desarrollo del módulo didáctico propuesto se llevó a cabo en tres fases principales: diseño, construcción y validación, cada una con resultados tangibles que permiten comprobar la viabilidad del sistema de control de motores DC orientado al trabajo con MATLAB.

En la fase de diseño, se elaboró un diagrama en bloques que permitió definir las relaciones funcionales entre los componentes principales: fuente de alimentación, placa Arduino Nano, módulo de drivers, motores DC, interfaz de comunicación y display.

A partir de este esquema se seleccionaron los elementos más adecuados considerando compatibilidad eléctrica, portabilidad y facilidad de conexión. El resultado fue una estructura técnica viable, pensada para integrarse en un maletín compacto y funcional, El siguiente diagrama de bloques en la figura 3, describe la función de cada elemento que se trabajara en el proyecto de entrenador:

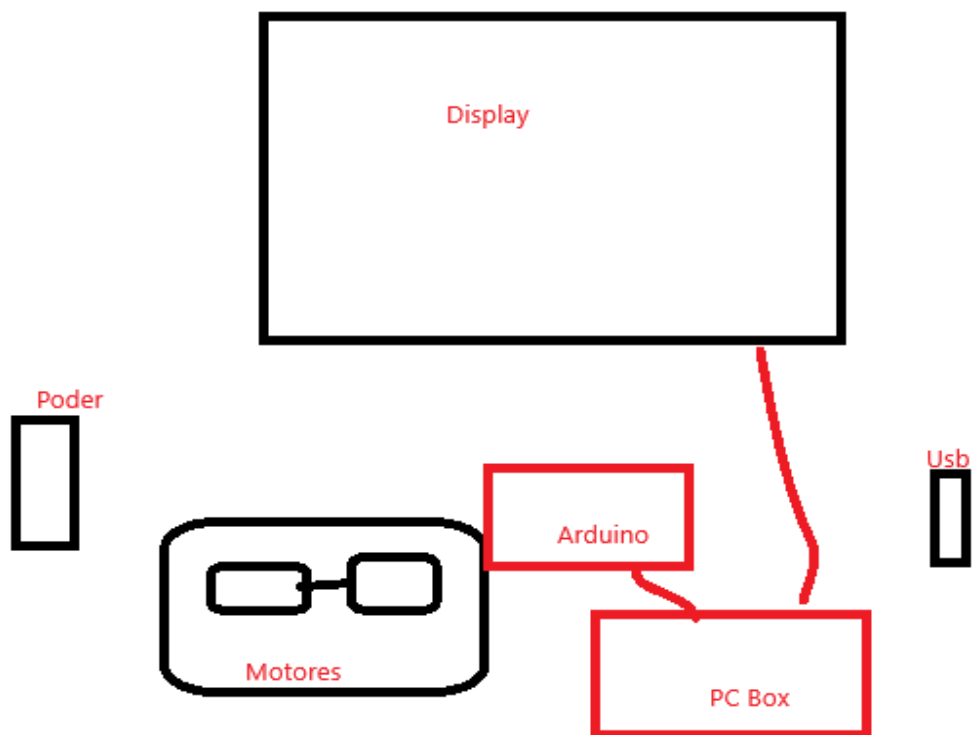


Figura 3. Diagrama en bloques del tablero didáctico.
Fuente: Diseño propio.

La fuente de poder es un elemento o tarjeta electrónica, compuesta por cantidad de elementos cuya función es transformar la energía de corriente AC a corriente DC, elevar su voltaje, corriente y entregar la potencia adecuada para cualquier aparato eléctrico o electrónico para su correcto funcionamiento. Existen gran variedad y referencia de estas dependiendo del uso o necesidad para la cual se vaya a usar.

El motor eléctrico es un mecanismo o máquina eléctrica rotativa que transforma la energía eléctrica a energía mecánica para ejercer un trabajo o función específica, existen gran variedad de ellos, en energía AC como en DC. En este proyecto trabajaremos con dos motores de energía DC, el cual cumplirá una función de empuje y carga. En estos mediremos algunas variables más representativas como son voltaje, corriente y torque, a medida que variemos su velocidad.

La placa de Arduino es una pequeña tarjeta de tamaño reducido, con entradas y salidas analógicas y digitales, su principal elemento es el microprocesador, con elementos electrónicos periféricos como son diodos, resistencias condensadores, cristal de frecuencia conector USB y conector de voltaje, Tiene su propio código o lenguaje de programación el cual se llama: Arduino IDE, con infinidad de aplicaciones autónomas en el área de automatización, domótica, automotriz entre otras.

A través de su microprocesador como elemento principal programable, se puede hacer cantidad de programas en diversas de aplicaciones. (ver figura 4) Las características generales de las placas de Arduino son:

- Microprocesador ATmega 328
- 32 Kbyte memoria FLASH de 32 Kbyte
- 1 Kbyte de memoria RAM.
- cristal de 16 MHz.
- 13 pines para entradas/salidas digitales programables
- 5 entradas analógicas
- 6 salidas analógicas
- voltaje de operación 5 volt.

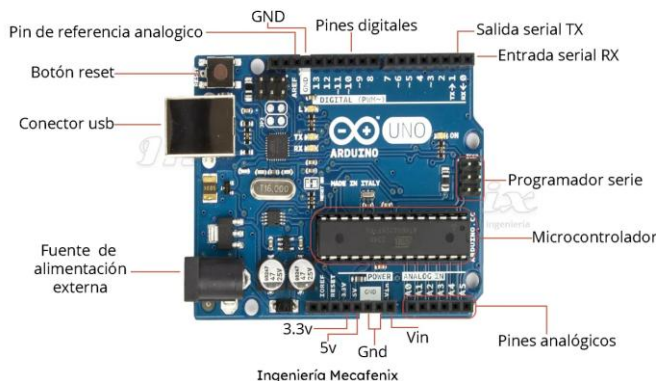


Figura 4. Tarjeta de Arduino usada en el tablero.

Fuente: Ingeniería Mecafenix. 2023.

El PC Box, de la figura 5, es un minicomputador diseñado para ejecutar funciones de cómputo programables, comúnmente utilizado como punto terminal de trabajo. Es compatible con diversos sistemas operativos, incluyendo Windows y Linux. Generalmente, cuenta con un procesador Intel o AMD, memoria RAM, tarjeta de red Ethernet, múltiples puertos USB para la conexión de periféricos como teclado y mouse, y salidas de video HDMI, DP o VGA. Su tamaño compacto lo hace ideal para integrarse en módulos didácticos o estaciones de control portátiles.



Figura 5. PC Box y sus entradas de conexión.

Fuente: *pcbox.com*.

El Display HDMI presentado en la figura 6, seleccionado para el módulo, es una pantalla HDMI de 10.1 pulgadas, diseñada para aplicaciones integradas y sistemas compactos. Su resolución es de 1024x600 píxeles, con una relación de aspecto 16:9, lo que permite una visualización clara y nítida de datos, gráficos y resultados generados por el sistema. Cuenta con múltiples interfaces de entrada como HDMI, VGA, BNC y USB, lo que le brinda gran

versatilidad en distintos entornos. Este tipo de pantalla es ideal para proyectos educativos o industriales, ya que permite al usuario interactuar de forma visual con el sistema de control, facilitando el seguimiento en tiempo real de variables eléctricas como voltaje, corriente o velocidad de los motores DC.



Figura 6. Display HDMI que se pondrá en el tablero
Fuente: Amazon.com

Todo esto se integró en una caja de aluminio con broches metálicos, tapa interior con espuma protectora en relieve y base interior protegida en poliuretano con 3 divisiones y las medidas: Alto: 26.5 cm., Ancho:37cm., Largo: 13 cm. Color: Negro/ Plateado. (ver figura 7)



Figura 7. Maletín donde se armará el tablero.
Fuente: Homecenter.com

El sistema de alimentación del módulo didáctico está diseñado para garantizar una operación estable, segura y continua de todos los componentes electrónicos, tanto de bajo como de mediano consumo. Para ello, se utiliza una fuente suicheada de 12V y 5A, capaz de entregar hasta 60W de potencia. Esta fuente convierte la corriente alterna de la red eléctrica en corriente continua, necesaria para alimentar tanto el microcontrolador como los periféricos del sistema. Además, cuenta con protecciones contra cortocircuito, sobrecarga, sobrevoltaje y sobre temperatura, lo que aumenta la seguridad operativa del equipo.

Como se observa en la figura 8, dado que algunos elementos como el Arduino Nano y sensores adicionales trabajan con niveles de voltaje inferiores, se incorpora un módulo convertidor DC-DC LM2596, encargado de reducir los 12V suministrados por la fuente principal a 5V. Este regulador tiene una eficiencia de conversión de hasta el 90% y permite mantener una salida estable aun cuando la carga varíe, garantizando así la correcta operación del microcontrolador y demás dispositivos de control.

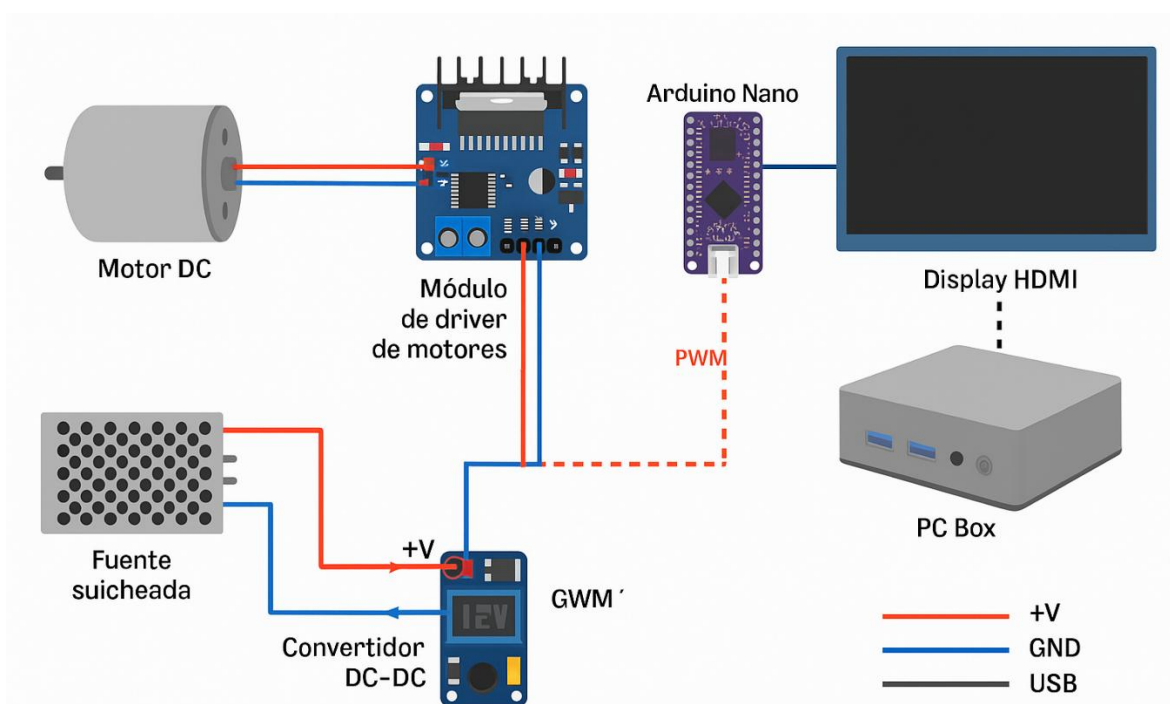


Figura 8. Interconexión de componentes.

Fuente: Propia.

Para la conexión del sistema a la red eléctrica se utiliza un cable de poder de 1.5 metros, acompañado de un conector tipo panel de 250VAC/15A con suiche incorporado, el cual permite encender o apagar el módulo de forma manual sin necesidad de desconectar físicamente el equipo. Este elemento, además de facilitar el manejo del módulo, incluye una porta fusible integrado que mejora la seguridad general al permitir el reemplazo fácil del fusible en caso de sobre corriente.

En conjunto, este sistema de alimentación asegura que cada componente reciba el voltaje y la corriente adecuados para su funcionamiento, evitando sobrecargas y daños, y permitiendo que el módulo pueda ser utilizado de forma autónoma en distintos entornos educativos o experimentales.

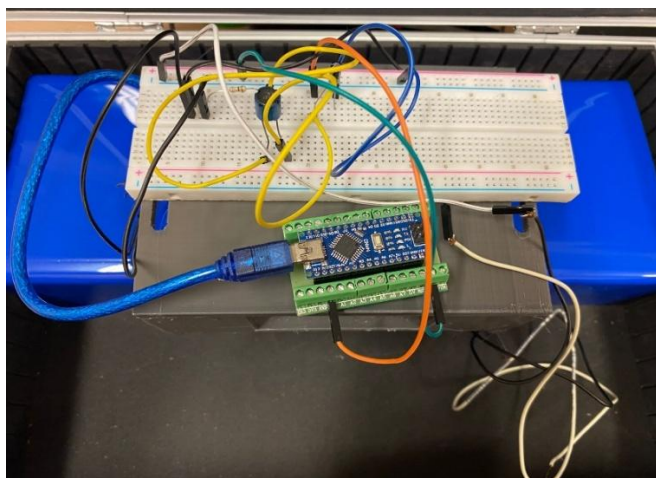


Figura 9. Pruebas con la tarjeta de desarrollo.
Fuente: Propia.

En la figura 9 se ve como hacían las pruebas antes de conectar al maletín la tarjeta de desarrollo. Ya con los elementos se va a la fase de construcción, se ensambló el tablero didáctico en un maletín de aluminio adaptado con ranuras y perforaciones para fijar los elementos electrónicos. Se instalaron el PC Box con su pantalla HDMI, el sistema de alimentación, y las tarjetas electrónicas. Se verificaron las conexiones y la correcta distribución de voltaje, corriente y comunicación serial, garantizando la seguridad y la operatividad del sistema. Este proceso resultó en un módulo autónomo, robusto y transportable, que puede ser usado en ambientes de laboratorio y formación, en la figura 10 se veía como se conectaron los sistemas.



Figura 10. Conexión de los elementos en el maletín.
Fuente: Propia.

La figura 11 muestra la forma en que se ve el maletín cuando tiene todos los elementos. Se observa el monitor que está en la tapa y en la parte de abajo se tiene la base donde se conectan los diferentes experimentos y se observa de color gris, el módulo de experimentación que se aloja en la cavidad que tiene el maletín. Al abrir el maletín, el módulo de experimentación, que tiene unas patas en forma de banana de 4 mm, se conecta a la base azul para realizar el experimento.



Figura 11. Tablero construido completamente.
Fuente: Propia.

Finalmente, en la fase de validación, se cargaron rutinas básicas de control desde MATLAB, utilizando el soporte del Arduino IDE y las librerías correspondientes para comunicar el entorno MATLAB con el microcontrolador. Se ejecutaron pruebas de control de velocidad y sentido de giro de los motores DC, observando la respuesta en tiempo real en la interfaz gráfica. Los datos recolectados permitieron construir gráficas de voltaje y corriente, asociadas a cada tipo de control aplicado. Estos resultados fueron documentados en una guía de prácticas que acompaña el módulo, facilitando su uso por parte de estudiantes y docentes.

En conjunto, el prototipo demuestra una adecuada integración entre hardware y software, cumpliendo con los objetivos planteados. Se resalta la posibilidad de replicar y escalar esta solución a otros tipos de motores y sistemas de control, adaptándose a diversas necesidades formativas del programa de Tecnología Eléctrica.

7. Conclusiones

El desarrollo de este módulo experimental permitió integrar en un solo equipo elementos fundamentales para el aprendizaje práctico del control de motores DC, facilitando el acercamiento del estudiante a situaciones reales que puede enfrentar en la industria. La combinación entre hardware como el Arduino y los motores, y el software MATLAB, hace que el estudiante pueda visualizar y entender mejor las variables eléctricas en funcionamiento.

Durante el proceso de construcción, se evidenció la importancia de seleccionar componentes adecuados, tanto por su compatibilidad como por su facilidad de integración. Esto ayudó a que el tablero quedara compacto, funcional y fácil de transportar, lo cual es muy útil para su uso en ambientes de laboratorio o en formación técnica itinerante.

También se comprobó que es posible lograr una comunicación efectiva entre el microcontrolador y el software de análisis, lo que permitió realizar pruebas de control, lectura de variables y representación gráfica de datos sin complicaciones. Esto no solo cumple con los objetivos planteados, sino que demuestra que el módulo puede ser una herramienta valiosa para el aprendizaje autónomo.

En general, se concluye que este trabajo de grado logró desarrollar un equipo que no solo es útil para prácticas académicas, sino que también acerca al estudiante a la realidad de los sistemas de automatización modernos, preparándolo mejor para enfrentar retos técnicos en su vida laboral.

8. Recomendaciones

Se recomienda que el módulo sea incorporado oficialmente dentro del plan de prácticas del laboratorio de máquinas eléctricas, ya que permite reforzar conceptos clave sobre motores DC y su comportamiento en aplicaciones reales.

Es importante realizar mantenimiento periódico a los componentes del maletín, especialmente a las conexiones eléctricas y puntos de fijación, para garantizar su durabilidad y correcto funcionamiento en cada sesión práctica.

Se sugiere complementar este módulo con sensores adicionales como encoder o sensores de temperatura, para ampliar el rango de variables que pueden ser monitoreadas y analizadas desde MATLAB.

También sería conveniente capacitar a los docentes encargados del área en el uso del módulo y el software, para que puedan acompañar mejor a los estudiantes en el desarrollo de las prácticas propuestas.

Por último, se deja abierta la posibilidad de evolucionar este proyecto en el futuro, incorporando control inalámbrico o módulos de comunicación como Wi-Fi o Bluetooth, lo cual podría enriquecer aún más la experiencia educativa.

9. Referencias bibliográficas

Espressif. (s.f.). ESP-IDF Programming Guide. Recuperado el 20 de mayo de 2025, de <https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/esp32/api-reference/index.html>

Fundación Aqueae. (s.f.). ¿Sabes qué es Arduino? Recuperado el 20 de mayo de 2025, de <https://www.fundacionaqueae.org/wiki/sabes-arduino>

Ingeniería Mecafenix. (2023, 18 de septiembre). Arduino: ¿Qué es, cómo funciona y sus partes? Recuperado el 20 de mayo de 2025, de <https://www.ingmecafenix.com/electronica/programacion/arduino/>

MathWorks. (s.f.). Access MATLAB from ThingSpeak using MATLAB Analysis and Visualizations. Recuperado el 20 de mayo de 2025, de <https://la.mathworks.com/help/thingspeak/matlab-toolbox-access.html>

Oswos. (s.f.). Motor DC: Funcionamiento, tipos y usos. Recuperado el 20 de mayo de 2025, de <https://oswos.com/es/motor-dc/>

Sigma Electrónica. (s.f.). ESP-32 módulo de desarrollo. Recuperado el 20 de mayo de 2025, de <https://www.sigmaelectronica.net/producto/esp-32/>

Universidad del Valle. (2004). Motores eléctricos de alta eficiencia. *Revista Energía y Computación*, 12(1).

Libros (según el formato general de APA, autor o editor desconocido):

Fourier. (s.f.). Máquinas eléctricas motores C.C., acondicionamientos, motores C.A. (Tomo 2).

Fourier. (s.f.). Máquinas eléctricas: Magnetismo, principios, transformadores, motores (Tomo 1).

10. Bibliografía

- Aracil, J., & Gordillo, F. (2005). El péndulo invertido: un desafío para el control no lineal. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, 2(2), 73–81.
- Castaños, F., & Carreras, R. (2004). Levantamiento y control de un péndulo invertido con un esquema de control reconfigurable. XI Congreso Latinoamericano de Control Automático (CLCA).
- Fitzgerald, A. K. (2003). *Electric Machinery*. Mc.Graw Hill, Internationa.
- FocusCE. (s.f.). Motores de corriente alterna. Recuperado el 20 de mayo de 2025, de <https://www.focusce.com.ar/post/motores-de-corriente-alterna>
- García-Peñalvo, F. J. (2019). Inteligencia Artificial. Una perspectiva desde la ficción a la realidad. <https://bit.ly/2Q0jap0>. doi: 10.5281/zenodo.2818903.
- Tractian. (s.f.). ¿Cómo funcionan los motores eléctricos? Recuperado el 20 de mayo de 2025, de <https://tractian.com/es/blog/como-funcionan-los-motores-electricos>