



**FORMATO DE INFORME DE PRÁCTICA DE
LABORATORIO / TALLERES / CENTROS DE SIMULACIÓN
– PARA ESTUDIANTES**

CARRERA: Computación

ASIGNATURA: Electrotecnia

NRO. PRÁCTICA:

Proyecto
Final

TÍTULO PRÁCTICA: T.R.E.N.(

**Trayectoria
Registrada
Electrónicamente por
Neodimios**

***Hace alusión directa al uso de imanes (neodimios) y
sensores Hall para registrar el paso del tren.)***

OBJETIVO ALCANZADO:

Implementamos un sistema de conteo automático de vueltas utilizando sensores Hall unipolares, capaces de detectar el paso del tren mediante campos magnéticos.

Diseñamos y construimos un modelo funcional de tren eléctrico, integrando sensores, imán y microcontrolador para demostrar el principio de detección y seguimiento de trayectorias.

Desarrollamos un algoritmo secuencial eficiente para registrar eventos de paso del tren por los sensores y evitar conteos erróneos por rebote o doble activación.

Integramos componentes electrónicos básicos (sensores Hall, resistencias, cables, microcontrolador y pantalla) de forma segura y organizada para el funcionamiento estable del sistema.

Demostramos la capacidad de monitorear movimiento en tiempo real, mostrando el número de vueltas recorridas en una pantalla digital de forma clara y precisa.

Fomentamos el trabajo colaborativo entre los integrantes del grupo, aplicando conocimientos de electrónica, programación y diseño para resolver problemas reales.

Adquirimos experiencia práctica en el uso de sensores magnéticos, sistemas embebidos y lógica de control aplicada a un prototipo físico.

ACTIVIDADES DESARROLLADAS

1.Introducción

El presente proyecto tiene como objetivo construir un sistema funcional de detección y conteo de vueltas de un tren a escala, aplicando sensores magnéticos y electrónica

programada. El trabajo combina teoría, práctica y creatividad, integrando componentes electrónicos como sensores Hall, microcontrolador y circuito PCB, dentro de una maqueta interactiva y visualmente atractiva.

La idea surgió de la necesidad de entender cómo se puede automatizar el reconocimiento de movimiento en un entorno físico mediante tecnologías accesibles. Para lograrlo, utilizamos sensores Hall, que permiten detectar campos magnéticos. Según el tipo de sensor Hall que se utilice (lineal, unipolar o bipolar), el sistema puede comportarse de distintas maneras, ya sea detectando velocidad, dirección o posición.

En este caso, se evaluaron y comprendieron los tres tipos de sensores, reconociendo que el más importante en este proyecto es el bipolar, ya que es capaz de medir el cambio de dirección del campo y, por tanto, permite contar las vueltas en función del tiempo y el perímetro de la red por donde circula el tren.

Gracias al trabajo colaborativo, el análisis técnico y la construcción física del sistema, fue posible integrar los conceptos aprendidos en clases de electrónica, física y tecnología en un producto final funcional y educativo.

2.Marco Teórico

¿Qué es un sensor Hall?

Un sensor Hall es un componente electrónico capaz de detectar la presencia, intensidad y polaridad de un campo magnético, generando una señal eléctrica en respuesta. Se basa en el efecto Hall, un fenómeno físico en el que se produce un voltaje transversal cuando una corriente eléctrica circula por un conductor atravesado por un campo magnético perpendicular.

Este principio lo convierte en una herramienta útil en áreas como la robótica, la automatización, los sistemas de medición y control, y es fundamental en aplicaciones como motores eléctricos, velocímetros, frenos inteligentes y sistemas de posicionamiento.

Tipos de sensores Hall utilizados en el proyecto T.R.E.N.

Sensor Hall Lineal

- Genera una salida analógica proporcional a la intensidad del campo magnético.
- Ideal para ajustar velocidad o fuerza en sistemas que requieren control fino.
- En el proyecto T.R.E.N. se observó que:
 - Si se acerca un polo del imán al motor, este acelera progresivamente.

- Si se acerca el otro polo, el motor se frena gradualmente.
 - No actúa como contador de vueltas, pero permite regular la velocidad del motor de forma proporcional.
- Este comportamiento permite una transición suave en la velocidad, ya que el sensor no responde de forma binaria, sino en función del grado de cercanía e intensidad del campo.

Sensor Hall Bipolar

- Es el principal en el sistema.
- Se activa con un polo (Norte) y se desactiva con el opuesto (Sur).
- Detecta la secuencia correcta de paso ($A \rightarrow B \rightarrow C$), necesaria para contar vueltas.
- Permite calcular:
 - Número de vueltas completas.
 - Velocidad (si se conoce la distancia entre sensores).
 - Sentido del movimiento (adelante o reversa).
- Reduce errores causados por rebote o detecciones desordenadas.

Sensor Hall Unipolar

- Solo se activa con un polo (generalmente el Norte).
- Permanece activo mientras esté presente el campo magnético.
- En este proyecto, fue usado como sensor complementario para detectar presencia sin calcular dirección ni velocidad.

Motor DC (Corriente Continua)

- Convierte energía eléctrica en movimiento mediante interacción de campos magnéticos.
- Ventajas:

- Fácil control de velocidad con señal PWM.
- Cambio de sentido al invertir la polaridad.
- Económico y perfecto para prototipos educativos.
- En este sistema, el motor es controlado por el **driver DRV8833**, y su velocidad también puede ser influida por el sensor Hall lineal.

Regulador Step-Up (MT3608)

- Se utiliza para elevar la tensión de entrada de 3.7V a 5V, necesaria para alimentar componentes como el ESP32, sensores y pantalla.
- Este módulo es crucial para asegurar estabilidad en todo el sistema.
- Evita sobrecargas al regular adecuadamente la tensión.
- En el esquemático, aparece como MT3608 STEP-UP 3.7V → 5V, y trabaja en conjunto con el diodo de protección IN5819 y un capacitor de 220uF.
- Esta parte es clave para la simulación del sistema, ya que asegura que todos los componentes funcionen correctamente dentro de su rango de voltaje.

Microcontrolador: FireBeetle ESP32 (DFR0478)

- Placa con chip ESP32, bajo consumo, con Wi-Fi y Bluetooth.
- Compatible con Arduino IDE.
- Funciones:
 - Recibe señales de sensores Hall.
 - Detecta secuencia correcta para contar vueltas.
 - Muestra conteo en pantalla LCD.
 - Envía datos en tiempo real a Firebase Realtime Database.

Driver DRV8833

- Controlador para motores DC o paso a paso.

- Permite:
 - Control de dirección.
 - Control de velocidad mediante PWM.
 - Manejo de hasta 1.5 A por canal.
- Se conecta entre el ESP32 y el motor, ejecutando las órdenes para iniciar, frenar o cambiar la dirección del tren.

Herramientas y plataformas utilizadas

Altium Designer

- Software profesional de diseño electrónico.
- Se usó para crear el esquemático del circuito y el modelo del PCB de doble capa:
 - Top Layer (Rojo)
 - Bottom Layer (Azul)
- Permite una organización lógica y clara de las conexiones.

Arduino IDE

- Plataforma usada para programar el ESP32.
- Código en C++ que incluye:
 - Lógica de activación secuencial de sensores.
 - Control del motor.
 - Comunicación con pantalla y Firebase.

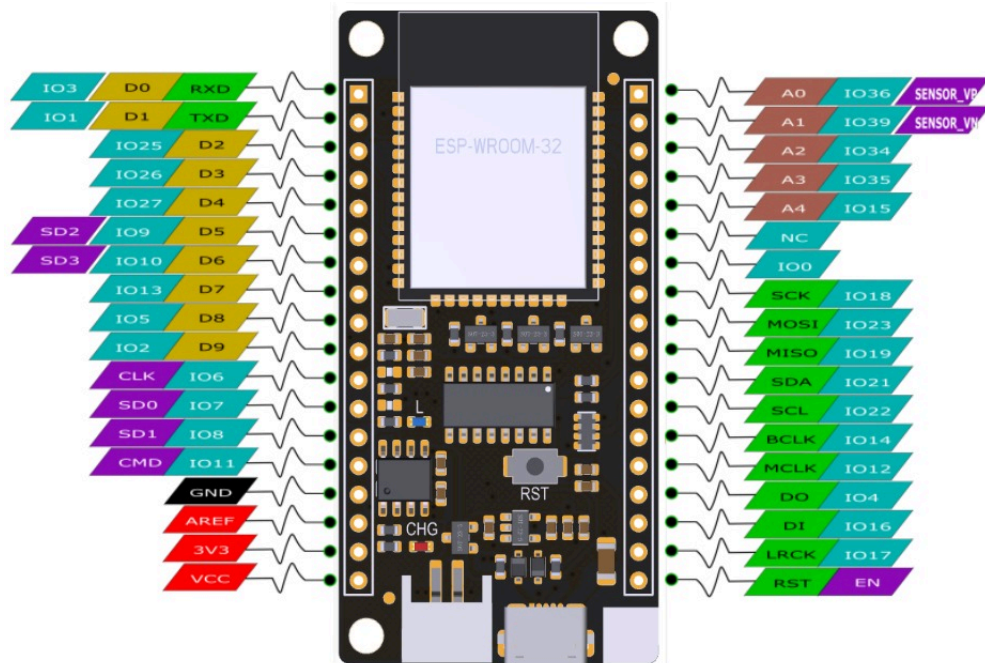
Visual Studio Code + Ionic + Angular

- Plataforma con la que se desarrolló la interfaz visual web del sistema.
- La app muestra en tiempo real la información obtenida por el ESP32, como:
 - Vueltas.

- Tiempo.
- Velocidad.

Firestore Realtime Database (Google)

- Base de datos en la nube.
- Permite almacenar y sincronizar los datos enviados por el ESP32.
- La app creada con Angular/Ionic lee esta base y los muestra al usuario de forma inmediata.



3.Desarrollo

El desarrollo del proyecto T.R.E.N. (Tren con Registro Electrónico de Navegación) se estructuró en cinco fases clave, integrando conocimientos de electrónica, diseño digital, programación embebida, construcción física y validación funcional. A continuación, se describen detalladamente cada una de las etapas:

Diseño del circuito eléctrico

La primera etapa consistió en la elaboración del esquema electrónico mediante el software Altium Designer. En este esquema se integraron todos los componentes esenciales para el funcionamiento del sistema, entre los que destacan:

- Sensores Hall (unipolares y bipolares), encargados de detectar la presencia del campo magnético generado por el imán del tren.
- Resistencias limitadoras, para proteger los componentes de sobrecorriente.
- Un LED indicador, utilizado para validar visualmente el estado del sistema.
- Pines de conexión, que permiten la entrada/salida de señales y la alimentación eléctrica.

Este diseño proporcionó una base lógica y estructural sólida para el posterior desarrollo del circuito impreso (PCB), garantizando la correcta interconexión de todos los elementos.

Diseño del PCB

A partir del esquema electrónico, se procedió al diseño de la placa de circuito impreso (PCB) de doble capa, respetando los siguientes estándares visuales:

- Capa superior (top layer): color rojo.
- Capa inferior (bottom layer): color azul.

El diseño fue cuidadosamente optimizado para lograr una distribución eficiente y ordenada de las pistas, considerando aspectos como:

- Separación adecuada entre líneas de señal y potencia.
- Minimización de interferencias electromagnéticas.
- Alineación precisa de pads y vías de conexión.
- Facilidad para el montaje manual.

Gracias a este diseño profesional, se obtuvo un circuito robusto, seguro y con bajo margen de error.

Programación del microcontrolador

Se utilizó el entorno de desarrollo Arduino IDE para programar el microcontrolador FireBeetle ESP32, el cual actúa como el cerebro del sistema.

Se implementó un algoritmo secuencial lógico, diseñado para:

- Detectar la activación en orden de los sensores Hall ($A \rightarrow B \rightarrow C$), identificando una vuelta completa.
- Evitar errores por rebotes, duplicaciones de señal o cambios de dirección.
- Registrar el número de vueltas en una pantalla LCD conectada directamente al microcontrolador.

Además, el ESP32 envía los datos recopilados a Firebase Realtime Database, permitiendo su visualización en una aplicación web desarrollada en Angular + Ionic, conectada mediante Visual Studio Code.

Montaje de la maqueta física

Se construyó una maqueta visual e interactiva que simula el entorno natural del recorrido del tren. El montaje incluyó:

- Base estructural: una plancha de cartón duro o madera, pintada con aerosol en tonos verde y café para simular pasto y tierra.
- Montañas decorativas: botellas plásticas recicladas recubiertas con plastilina de colores, aportando relieve y estética al entorno.
- Elementos adicionales:
 - Casas, árboles, caminos, zonas verdes y una chimenea industrial.
 - Un tren motorizado con un imán de neodimio adherido en su base.
- Ruta del tren: se trazó un circuito curvo cerrado, sobre el cual se desplazó el tren.
- Sensores Hall: se colocaron discretamente a lo largo del trayecto, camuflados entre los elementos decorativos pero perfectamente alineados con el paso del tren.

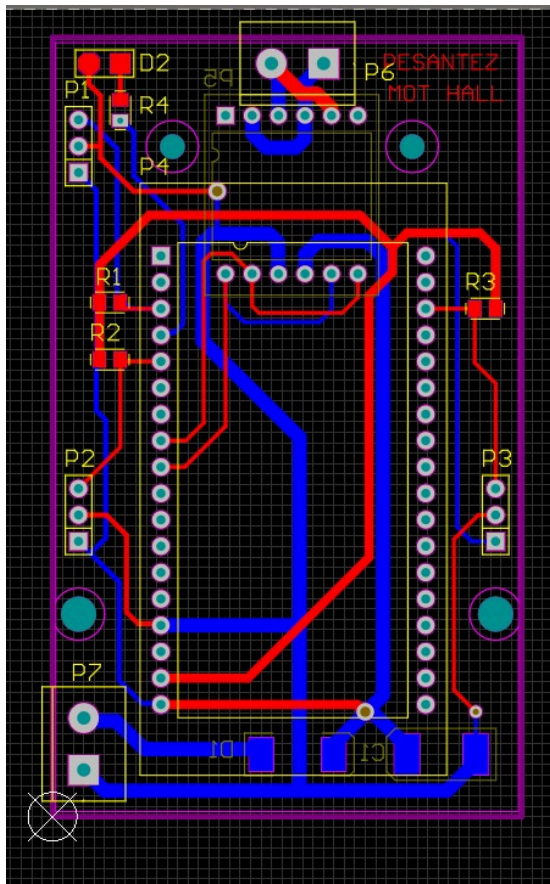
Esta maqueta no solo funcionó como soporte físico del sistema, sino también como herramienta visual para demostrar el funcionamiento del proyecto de forma clara y atractiva.

Pruebas de validación

Para asegurar la precisión, fiabilidad y estabilidad del sistema, se realizaron múltiples pruebas prácticas. Entre ellas se destacan:

- Pruebas de recorrido completo, verificando que el tren active los sensores en la secuencia correcta.
- Ajuste de sensibilidad de los sensores Hall, para evitar falsas detecciones o interferencias.
- Validación del algoritmo, asegurando que solo se registre una vuelta cuando se cumpla estrictamente la secuencia de activación.
- Revisión del conteo digital, tanto en la pantalla LCD como en la interfaz web conectada a Firebase.

Los resultados mostraron una alta tasa de precisión, bajo margen de error y respuesta en tiempo real, confirmando la efectividad del sistema desarrollado.



4.Maqueta

La maqueta del proyecto T.R.E.N. (Tecnología Robótica con Electrónica y Neodimios) fue construida con el objetivo de representar de forma visual y funcional el entorno por donde circula el tren. En ella se integraron componentes decorativos, estructurales y tecnológicos

que en conjunto permiten demostrar el funcionamiento del sistema de conteo de vueltas con sensores Hall.

Proceso de construcción paso a paso:

1. Base estructural y pintura

Se utilizó una plancha rígida como base de la maqueta. La superficie fue pintada con spray en tonos verdes y cafés, simulando áreas naturales y montañosas. Esta base también sirvió como soporte para todo el montaje posterior.

2. Montañas y relieve

Para representar montañas, se emplearon botellas plásticas recicladas, a las que se les dio forma y volumen. Estas estructuras fueron recubiertas con plastilina de colores verde y café, creando un efecto realista de terreno montañoso. Este detalle visual le da profundidad y atractivo al entorno del tren.

3. Decoración del entorno

Se colocaron diversos elementos hechos a mano, como:

- Casitas de cartón decorado
- Árboles y arbustos elaborados con goma espuma y plastilina
- Una chimenea industrial fabricada con materiales reciclados, simulando una pequeña fábrica
- Pequeños detalles adicionales como caminos, pasto y jardines, todo hecho con creatividad y reutilización de materiales disponibles

Esta decoración no solo embellece la maqueta, sino que contextualiza el trayecto del tren en un ambiente rural-industrial.

4. Vía del tren

La vía del tren fue trazada en forma curva sobre la plancha, pintada de color gris para simular los rieles. Esta vía define el recorrido que debe seguir el tren durante su funcionamiento.

Integración del sistema funcional

5. Instalación del tren y sensores

Se colocó un trencito motorizado sobre la vía, al que se le fijó un imán de neodimio en su parte inferior. Este imán es el encargado de activar los tres sensores Hall integrados a lo largo del trayecto.

Los sensores Hall (bipolares) fueron colocados estratégicamente en puntos específicos del recorrido. Están ocultos dentro del diseño de la maqueta para no afectar la estética, pero alineados con precisión para garantizar su detección al paso del tren.

6. Conexión del circuito electrónico

El sistema electrónico fue montado sobre una placa PCB personalizada, diseñada previamente en Altium Designer. Esta placa incluye:

- Sensores Hall
- Resistencias limitadoras
- LED indicador
- Pines de salida para conexión de alimentación y pantalla

La placa está conectada a una pantalla digital, donde se muestra el número de vueltas que el tren ha completado correctamente. Todo el sistema funciona con un microcontrolador programado para reconocer la activación secuencial de los sensores ($A \rightarrow B \rightarrow C$) y registrar una vuelta únicamente cuando se cumple dicha secuencia.

Función y valor didáctico de la maqueta

La maqueta no solo cumple una función decorativa, sino que también:

- Demuestra el funcionamiento real del sistema de conteo de vueltas en un entorno visualmente atractivo.
- Permite observar cómo la electrónica interactúa con un sistema físico real, lo que facilita la comprensión del proyecto.
- Motiva el aprendizaje práctico, combinando creatividad, reciclaje y conocimientos técnicos.
- Hace visible el recorrido del tren y su relación con los sensores, conectando el mundo físico con la lógica digital del sistema.

5. ESQUEMÁTICO

En esta etapa del proyecto se realizó el diseño del circuito electrónico en Altium Designer, obteniendo el esquemático general del sistema T.R.E.N. que integra todos los componentes claves del proyecto. Aunque este diseño no fue ejecutado como simulación funcional en software (por la naturaleza física del proyecto), representa fielmente las conexiones reales implementadas en la maqueta.

El esquemático incluye los siguientes elementos importantes:

ESP32 (Header 18x2)

- Se empleó la placa FireBeetle ESP32, conectada a sensores Hall y al controlador del motor.
- Se programó en Arduino IDE para recibir señales, contar vueltas y enviar datos a Firebase.

Sensores Hall (OH44E, U18, 49E)

- Se conectaron tres sensores Hall distintos: unipolar, lineal y bipolar.
- Cada uno tiene su resistencia pull-up ($10k\Omega$) conectada a 3.3V.
- Permiten contar vueltas, detectar dirección y velocidad del tren.

Driver DRV8833

- Es el controlador del motor DC, conectado al ESP32 y al motor.
- Permite controlar dirección y velocidad mediante modulación PWM.
- Conectado directamente a la fuente de 5V proporcionada por el Step-Up.

Convertidor MT3608 (Step-Up)

- Este componente eleva el voltaje de la batería de 3.7V a 5V, necesario para alimentar el motor y otros elementos.
- Se trata de un Step-Up converter que regula la energía para evitar sobrecargas.

- Es fundamental para el funcionamiento estable del sistema, ya que sin esta conversión, muchos componentes no funcionarían adecuadamente.
- Se identificó que alimentar el sistema con más de 5V podía causar inestabilidad, por lo que se ajustó el voltaje a un rango seguro.

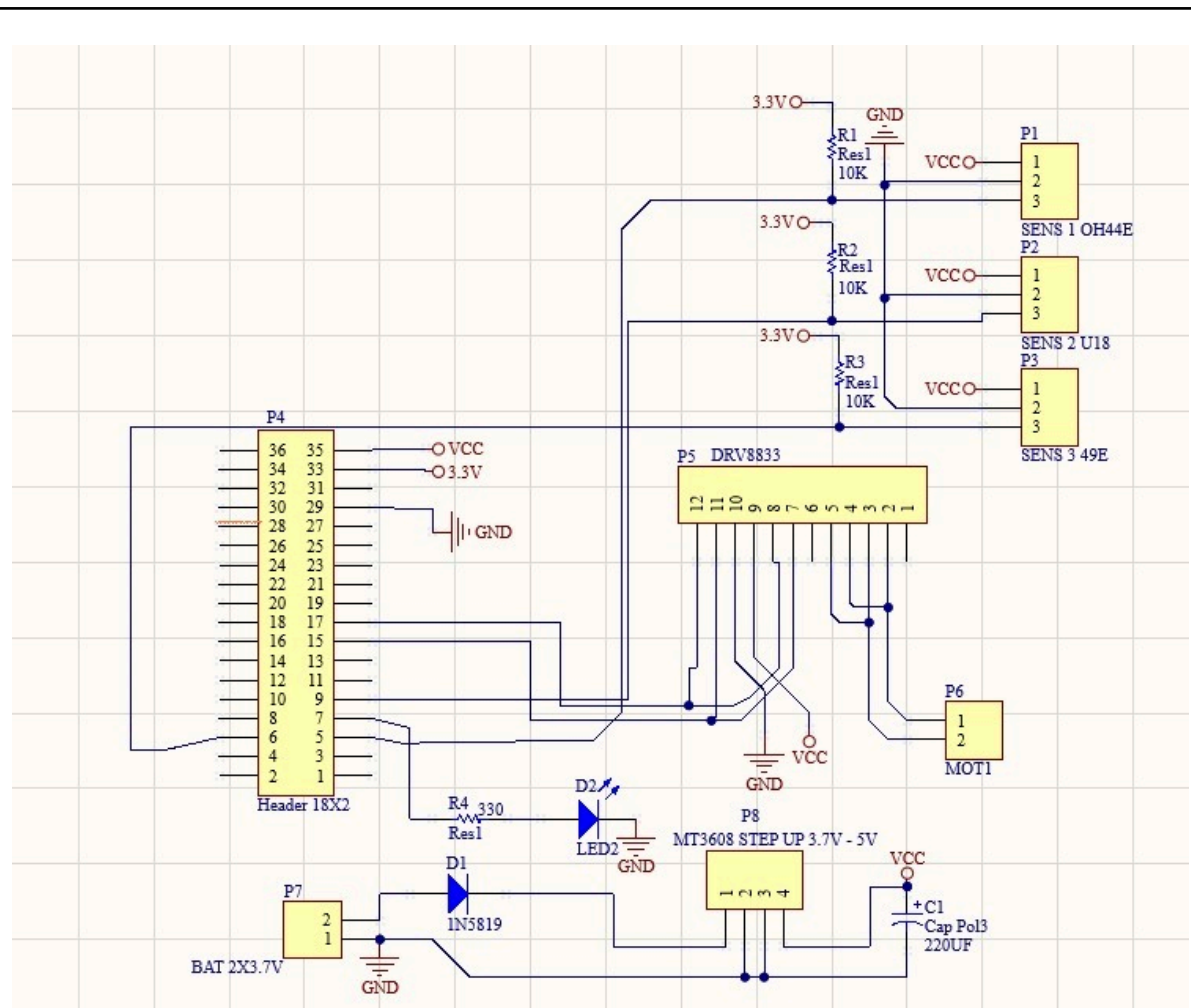
Fuente de alimentación (2x baterías 3.7V)

- Se utilizan dos baterías tipo Li-ion en paralelo, que alimentan el sistema con energía continua.
- Su voltaje es regulado por el MT3608 y su autonomía fue previamente calculada (\approx 3.84 h).

LED indicador + Diodo IN5819

- El LED con resistencia de 330Ω indica el estado de alimentación.
- El diodo Schottky IN5819 protege contra polaridad inversa o retroalimentación.

Como se observa en el esquemático, el convertidor MT3608 Step-Up fue una pieza clave del sistema. En pruebas iniciales, alimentar con un voltaje levemente mayor a 5V causaba fallos en los sensores, por lo cual se decidió limitar la salida del Step-Up a exactamente 5V para garantizar la estabilidad de todo el circuito. Este ajuste se reflejó directamente en el buen desempeño del sistema en pruebas reales.



6.REFERENCIAS

- DFRobot. FireBeetle ESP32 IoT Microcontroller (V3.0).
[https://wiki.dfrobot.com/FireBeetle_ESP32_IOT_Microcontroller\(V3.0\)_Supports_Wi-Fi%26_Bluetooth_SKU_DFR0478](https://wiki.dfrobot.com/FireBeetle_ESP32_IOT_Microcontroller(V3.0)_Supports_Wi-Fi%26_Bluetooth_SKU_DFR0478)
- Texas Instruments. DRV8833 Dual H-Bridge Motor Driver datasheet.
<https://www.ti.com/product/DRV8833>
- Allegro MicroSystems. Sensor A3144 Hall Effect Switch Datasheet.
<https://www.allegromicro.com/en/products/sensors-and-ics/hall-effect-sensors/a3144>
- Infineon Technologies. 49E Linear Hall Sensor Datasheet.
<https://www.infineon.com/cms/en/product/sensor/magnetic-sensor/hall-switch/>
- Firebase Realtime Database Documentation – Google.
<https://firebase.google.com/docs/database>
- Altium Designer. PCB Design Software.
<https://www.altium.com/altium-designer>

- **Arduino IDE – Official Website.**
<https://www.arduino.cc/en/software>
- **Ionic Framework + Angular.**
<https://ionicframework.com/docs/angular/overview>

RESULTADO(S) OBTENIDO(S):

TABLA DE CONSUMO DE ENERGIA

Componente	Corriente estimada
Sensor 49E	4 mA
Sensor A3144	3.5 mA
Sensor U18	10 mA
Sensores Hall (3)	4 + 3.5 + 10 = 17.5 mA
Motor DC	300 mA
ESP32	100 mA
Pantalla LCD	100 mA
Total	517.5 mA

CONSUMO TOTAL DE POTENCIA DEL SISTEMA

$$P = V * I$$

$$P = 5 \times 0.5175 = 2.5875W$$

CAPACIDAD DE AUTONOMIA DE LA BATERIA PARA EL SISTEMA

$$\text{Autonomia (horas)} = \frac{\text{Capacidad de batería}}{\text{Consumo total}} \rightarrow \frac{2000}{517.5} = 3.84 \text{ h}$$

POTENCIA DEL MOTOR

$$P = V * I$$

$$P = 3V \times 0.3A = 0.9W$$

- **Tabla de Consumo de Energía:**
Resume cuánta corriente consume cada componente del sistema. Esto permite identificar cuáles consumen más energía (por ejemplo, el motor DC) y planificar

mejor el suministro eléctrico.

- **Potencia Total del Sistema ($P = V \times I$):**

Nos indica cuántos vatios consume todo el sistema funcionando al mismo tiempo. Este valor es clave para saber si la batería o fuente de alimentación es suficiente para mantener todo en funcionamiento.

- **Cálculo de Autonomía de la Batería:**

Permite estimar cuánto tiempo puede estar funcionando el sistema sin necesidad de recargar, en función de la capacidad de la batería (en mAh). Este dato es útil para planificar la duración de pruebas, demostraciones o uso continuo.

- **Potencia del Motor DC:**

Específicamente muestra cuánta energía usa el motor, el componente que más consume en todo el sistema. Saber este dato ayuda a entender cómo afecta la autonomía total y si se puede optimizar.

¿Por qué es útil este análisis?

- Nos ayuda a seleccionar la batería adecuada (ni muy pequeña que se agote rápido, ni muy grande que encarezca el diseño).
- Nos permite prever cuánto durará el sistema funcionando de forma autónoma.
- Da ideas para mejorar el prototipo: por ejemplo, usar sensores más eficientes o reducir la velocidad del motor para ahorrar energía.

CONCLUSIONES:

En español:

- El sistema T.R.E.N. logró integrar con éxito sensores Hall, un microcontrolador ESP32 y un motor DC en una maqueta funcional capaz de contar vueltas de forma precisa.
- La lógica de detección secuencial mediante sensores bipolares permitió evitar errores de conteo y mejorar la confiabilidad del sistema.
- La implementación del sensor Hall lineal evidenció la capacidad de modular la velocidad del tren dependiendo del campo magnético, ofreciendo posibles aplicaciones en control de potencia.

- La conectividad con Firebase y la visualización en tiempo real desde una aplicación web permite ampliar el uso del sistema a escenarios educativos y de monitoreo remoto.
- El análisis energético permitió identificar que el motor DC representa más del 30% del consumo total, lo cual es importante para optimizar futuras versiones.
- El diseño de PCB en Altium y la construcción física demostraron un manejo adecuado de herramientas digitales y prácticas de ingeniería electrónica.

In English:

- The T.R.E.N. system successfully integrated Hall sensors, an ESP32 microcontroller, and a DC motor into a functional prototype capable of accurately counting laps.
- The sequential detection logic using bipolar sensors avoided counting errors and improved the reliability of the system.
- The use of the linear Hall sensor demonstrated its ability to modulate the train's speed depending on the magnetic field, showing potential for power control applications.
- Connectivity with Firebase and real-time visualization through a web app extends the system's utility to educational and remote monitoring contexts.
- The energy analysis revealed that the DC motor accounts for over 30% of the system's total power consumption, which is relevant for optimizing future versions.
- PCB design using Altium and physical model construction demonstrated proper use of digital tools and electronic engineering practices.

RECOMENDACIONES:

- Sustituir el motor DC por uno de menor consumo o con control de eficiencia energética.
- Utilizar sensores Hall de bajo consumo o híbridos con función de apagado automático.
- Implementar un sistema de apagado inteligente en periodos de inactividad del tren.
- Ampliar la interfaz web con gráficas de velocidad, tiempo y distancia recorrida.

- Aplicar el sistema en entornos educativos como ejemplo práctico de IoT, sensores y control embebido.
- Probar el uso de baterías de mayor capacidad o integrar un sistema de carga solar para extender la autonomía.

Nombre de estudiante: Pedro Pesantez, Erick Yunga, Jonnathan Saavedra, Brandon Rivera, Mathias Añasco

Firma de estudiante: _____

Firma de estudiante: _____

Firma de estudiante: _____

Firma de estudiante: _____

Firma de estudiante: _____