

# RITE

# RITE

**RITE (Revista de Ingeniería y Tecnología Educativa)**, es una publicación arbitrada e indexada que se edita en dos números anuales que constituyen un volumen. Es una revista editada en el Núcleo Universitario Alberto Adriani y está destinada a dar a conocer, dentro y fuera del país, las realizaciones científicas y tecnológicas de la ULA, así como las que se realicen en otras universidades y centros de investigación industrial en el país y en el exterior, en las diferentes especialidades de Ingeniería, Ambiente, Ciencias de la Ingeniería, Educación y áreas conexas.

## Misión

Dar a conocer, dentro y fuera del país, las realizaciones científicas y tecnológicas del Núcleo Universitario Alberto Adriani (NUAA), así como las que se realicen en otras dependencias de la Universidad de Los Andes (ULA), otras universidades y centros de investigación industrial en el país y en el exterior, en las especialidades de Ingeniería, Ambiente, Ciencias de la Ingeniería, Tecnología Educativa y áreas conexas.

## Visión

Enriquecer el patrimonio bibliográfico de la ULA con trabajos internos y/o preparados por otras instituciones educativas, centros de investigación y empresas del país y del exterior.

- Servir de fuente de actualización bibliográfica para alumnos y profesores de la ULA.
- Mantener y acrecentar el prestigio y la imagen de la ULA ante la región y el país y la comunidad científica.

RITE está indexada y acreditada en Revistas Venezolanas de Ciencias y Tecnologías (**REVENCYT: RVRo93**).

RITE cuenta con la acreditación del Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico, Tecnológico y de las Artes. Universidad de los Andes-Venezuela (**CDCHTA-ULA**).

RITE, asegura que los editores, autores y árbitros cumplen con las normas éticas internacionales durante el proceso de arbitraje y publicación. Del mismo modo aplica los principios establecidos por el comité de ética en publicación científica (COPE). Igualmente todos los trabajos están sometidos a un proceso de arbitraje y de verificación por plagio.

Todos los documentos publicados en esta revista se distribuyen bajo una licencia creative Commons Atribución-No Comercial - Compartir Igual 4.0 Internacional. Por lo que el envío, procesamiento y publicación de artículos en la revista es totalmente gratuito.

**Dirección:** Universidad de Los Andes, Núcleo Universitario Alberto Adriani. Hacienda Judibana. Kilómetro 10, Sector La Pedregosa. El Vigía-5145-Edo. Mérida. **Teléfonos:** 02758817920/04140078283.

## Contactos y Redes Sociales



riteula2017@gmail.com  
+58-414-0078283  
RITE ULA



# Comité Editorial

## Comité Editorial

### **Editor Jefe**

Dr. Domingo Alarcón

### **Editor Adjunto**

Dra. Milagro Montilla

### **Comité Editorial**

Dr. Domingo Alarcón  
Dra. Milagro Montilla  
MSc. Keyla Márquez  
MSc. Jaime Salcedo

### **Comité de Arbitraje**

Dr. Idel Contreras  
Dra. Elkis Weinhold  
Dr. Jairo Márquez  
Dra. Olga Márquez  
Dr. Reynaldo Ortiz  
Dra. María Teresa Celis  
MSc. Rubén Belandria

### **Consejo de Redacción y/o Asesor**

MSc. Sara Burgos

### **Diseño, Diagramación y Edición**

MSc. Ingrid Suescun



# Tabla de Contenido

## Tabla de Contenido

### PRESENTACIÓN

LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

**Jairo Márquez P.**

**8**

### ARTÍCULOS

AMPLIACIÓN DE LAS CAPACIDADES DE CÁLCULO DEL ANALIZADOR SIMBÓLICO AnSIRE-MAI USANDO LA MATRIZ DE ADMITANCIA INDEFINIDA

**Francisco J. Viloria M., Francisco J. Araujo R., Jodrick X. Colina T.**

**10**

IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE UN PROGRAMA DE ROBÓTICA EDUCATIVA STEAM CON MBLOCK Y ARDUINO PARA ESTUDIANTES DE BACHILLERATO

**José Hernán Ramírez Ramirez.**

**23**

VALIDACIÓN DE UN MODELO PEDAGÓGICO PARA LA ENSEÑANZA DE IOT EN EDUCACIÓN MEDIA: SCRUM, PROGRAMACIÓN VISUAL Y HARDWARE DE BAJO COSTO

**José Hernán Ramírez Ramirez.**

**34**

HERRAMIENTA EDUCATIVA PARA LA SELECCIÓN DE TRANSDUCTORES INDUSTRIALES-VARIABLE PRESIÓN

**Francisco J. Araujo R., Nilka E. Quintero M., Oscar O. Cárdenas S.**

**48**

APRENDIZAJE CONTEXTUAL DE LA FÍSICA: UNA EXPERIENCIA NEURODIDÁCTICA DESDE EL LENGUAJE COTIDIANO AL LENGUAJE TÉCNICO – ESPECIALIZADO PARA ESTUDIANTES DE TERCER AÑO DE EDUCACIÓN MEDIA GENERAL

**Elida Sandra Carvajal Moreno, Rubén Darío Belandria Rondón**

**59**

# Tabla de Contenido

## Tabla de Contenido

### REVISIONES

GAS NATURAL Y METANO: UNA REVISIÓN

**Olga P Márquez, Elkis Weinhold, Reynaldo Ortíz, J Márquez**

**86**

### NORMAS PARA LOS AUTORES

**98**

# Index

# Index

## PRESENTATION

SCIENTIFIC RESEARCH

**Jairo Márquez P.**

**8**

## ARTICLES

EXPANSION OF THE CALCULATION CAPABILITIES OF THE AnSIRE-MAI SYMBOLIC ANALYZER USING THE INDEFINITE ADMITANCE MATRIX

**Francisco J. Viloria M., Francisco J. Araujo R., Jodrick X. Colina T.**

**10**

IMPLEMENTATION AND EVALUATION OF A STEAM EDUCATIONAL ROBOTICS PROGRAM WITH MBLOCK AND ARDUINO FOR HIGH SCHOOL STUDENTS

**José Hernán Ramírez Ramírez.**

**23**

VALIDATION OF A PEDAGOGICAL MODEL FOR TEACHING IOT IN SECONDARY EDUCATION: SCRUM, VISUAL PROGRAMMING AND LOW-COST HARDWARE

**José Hernán Ramírez Ramírez.**

**34**

EDUCATIONAL TOOL FOR THE SELECTION OF INDUSTRIAL TRANSDUCERS - VARIABLE PRESSURE

**Francisco J. Araujo R., Nilka E. Quintero M., Oscar O. Cárdenas S.**

**48**

PHYSICS CONTEXTUAL LEARNING: A NEURODIDACTIC EXPERIENCE FROM EVERYDAY LANGUAGE TO TECHNICAL – SPECIALIZED LANGUAGE FOR THIRD-YEAR GENERAL SECONDARY EDUCATION STUDENTS

**Elida Sandra Carvajal Moreno, Rubén Darío Belandria Rondón**

**59**

# Index

# Index

## REVIEWS

NATURAL GAS AND METHANE: A REVIEW

**Olga P Márquez, Elkis Weinhold, Reynaldo Ortíz, J Márquez**

**86**

## INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

**98**

# Presentación

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

**Jairo Márquez P.**

Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Departamento de Química, Laboratorio de Electroquímica  
Mérida 5101 – Venezuela. Email: jokkmarquez82@gmail.com

La investigación científica es un proceso sistemático de estudio de un problema, fenómeno o desarrollo de un proyecto, con el objetivo de obtener información, realizar descubrimientos, adquirir o ampliar conocimientos y formular leyes o explicaciones en cualquier ámbito de las ciencias.

La ciencia utiliza la observación, el análisis, la experimentación, el cálculo matemático y otros procedimientos para contribuir al conocimiento sobre una determinada materia. Además, depende del compromiso de los investigadores con el rigor científico y con la búsqueda de la objetividad. Por eso, para lograr resultados válidos, deben seguir una metodología, confirmar sus objetivos y resultados, y someter sus conclusiones a la valoración de sus pares y al acceso comunal.

Las personas que hacen investigación científica suelen contar con una formación especializada obtenida en universidades y otros centros de estudios superiores. Muchos de ellos adicionalmente contribuyen a la formación de nuevos investigadores, grupos de investigación, creación y coordinación de postgrados, y actividades interdisciplinarias e interinstitucionales.

Las investigaciones científicas deben contar con los recursos necesarios para el financiamiento del proyecto a ejecutar. Por ello, muchos países brindan becas y estímulos a través de organismos estatales y privados. Asimismo, algunos ámbitos de investigación y laboratorios ofrecen cargos permanentes a investigadores experimentados.

Para investigar el tema o problema seleccionado, se debe adoptar una metodología de trabajo que establezca un plan esquemático y ordenado. Esto incluye la incorporación de información, la definición de los objetivos, la delimitación del contexto espacial y temporal, y la elección de las técnicas y herramientas para la obtención y análisis de los datos.

El método científico es un proceso que tiene como finalidad establecer relaciones entre hechos para enunciar leyes y teorías que expliquen y fundamenten el funcionamiento del mundo. Es un sistema riguroso que cuenta con una serie de pasos y cuyo fin es generar conocimiento científico a través de la comprobación empírica de fenómenos y hechos. En el método científico se utiliza la observación para proponer una hipótesis que luego se intenta comprobar a través de la experimentación.

El momento final de una investigación, una vez que se ejecutaron los pasos anteriores, es la publicación de resultados. De esta manera, se logra comunicar a la comunidad científica o a la sociedad el producto del trabajo realizado, para que sea evaluado por otros especialistas y contribuya a los conocimientos y debates sobre un problema, o aporte a la resolución y mejora de algún aspecto concreto de la vida social, cultural, científica o tecnológica.

**Actividades ejecutables:** Investigar significa llevar a cabo diferentes acciones o estrategias con el fin de descubrir algo, obtener y aplicar nuevos conocimientos, explicar una realidad determinada, obtener maneras de resolver cuestiones y situaciones de interés. Para que un conocimiento sea científico es necesario que la investigación realizada se haga de forma sistemática, con unos objetivos claros y que parte de aspectos que puedan ser comprobados y replicados. Los resultados obtenidos deben ser analizados de forma objetiva y teniendo en cuenta las diversas variables que pueden estar afectando al fenómeno estudiado.

**Generación de conocimiento:** La investigación científica proporciona un método estructurado para descubrir y validar nuevos conocimientos, expandiendo nuestra comprensión de fenómenos naturales y sociales.

**Resolución de problemas complejos:** Al aplicar métodos científicos, se pueden identificar, analizar y resolver problemas complejos de manera efectiva, basándose en evidencia empírica y análisis riguroso.

**Desarrollo tecnológico y progreso en diversas áreas:** La investigación científica impulsa el desarrollo de nuevas tecnologías y avances innovadores que mejoran la calidad de vida y promueven el progreso en las diversas áreas científicas.

**Toma de decisiones con certeza:** En el contexto empresarial, la investigación científica proporciona datos y análisis que respaldan decisiones estratégicas, reduciendo la incertidumbre y aumentando las probabilidades de éxito.

**Validación y verificación de teorías y modelos:** La investigación científica permite la validación y verificación de teorías y modelos, asegurando que las conclusiones sean fiables y replicables.

**Fomento de la creatividad y la innovación:** Al investigar de manera científica, se fomenta un ambiente de curiosidad y creatividad, promoviendo nuevas ideas y soluciones innovadoras. Investigación experimental original, profunda y variada: La aplicación de investigación en estudios científicos permite obtener datos directos y precisos de fuentes primarias, lo cual es esencial para validar hipótesis y obtener información valiosa y variada, y análisis profundos sobre el o los objetos en estudio.

En síntesis, la investigación científica debe soportarse bajo las bases de la originalidad, la apertura a nuevos planteamientos y teorías, el reconocimiento de las contribuciones de los pares en el enfoque del tema bajo estudio, mediante citas bibliográficas, de la ética y el aporte a futuras investigaciones

# AMPLIACIÓN DE LAS CAPACIDADES DE CÁLCULO DEL ANALIZADOR SIMBÓLICO AnSIRE-MAI USANDO LA MATRIZ DE ADMITANCIA INDEFINIDA

## EXPANSION OF THE CALCULATION CAPABILITIES OF THE AnSIRE-MAI SYMBOLIC ANALYZER USING THE INDEFINITE ADMITANCE MATRIX

**Francisco J. Viloria M., Francisco J. Araujo R., Jodrick X. Colina T.**

Universidad de Los Andes. Facultad de Ingeniería. Mérida- Venezuela. 5101  
fviloria@ula.ve

**Recibido:** 22-02-2025

**Aceptado:** 21-08-2025

### RESUMEN

El analizador simbólico de redes usando la matriz de admitancia indefinida (AnSiRE-MAI) es un programa de análisis de redes eléctricas. Proporciona resultados numéricos y simbólicos y su motor de cálculo se basa en la matriz de admitancia indefinida. En el presente trabajo, se muestran las ampliaciones en las capacidades del AnSiRE-MAI. Se han agregado nuevos elementos, como fuentes variables en el tiempo e interruptores que permiten realizar análisis de transitorios, mejorando las prestaciones del software. También se desarrolló una interfaz de usuario con un instalador para facilitar su uso en computadoras con sistema operativo Windows 7 o superior. El software fue programado en los lenguajes de programación C, C++ y QML

**Palabras clave:** Analizador simbólico de redes, matriz de admitancia indefinida, interfaz de usuario.

### ABSTRACT

The Symbolic Network Analyzer using the Indefinite Admittance Matrix (AnSiRE-MAI) is a program for analyzing electrical circuits. It provides both numerical and symbolic results, and its computational engine is based on the indefinite admittance matrix. This work presents the enhancements made to the capabilities of AnSiRE-MAI. New elements have been added, such as time-varying sources and switches, enabling transient analysis and improving the software's performance. Additionally, a user interface with an installer was developed to facilitate its use on computers running Windows 7 or later. The software was programmed using the C, C++, and QML programming languages.

**Keywords:** Analyzed symbolic circuits, indefinite admittance matrix, user interface.

**Viloria Manzanilla Francisco:** Maestría en Automatización e Instrumentación Universidad de Los Andes (ULA). Mérida, Venezuela. Ingeniero Electricista, (ULA). email: fviloria@ula.ve

**Araujo Ruza, Francisco Javier:** Ingeniero Electricista, Universidad de Los Andes (ULA), Mérida, Venezuela. email: araujoru@ula.ve

**Colina Trump, Jodrick Xavier:** Ingeniero Electricista, Universidad de Los Andes (ULA), Mérida, Venezuela email: jodrickcolina@gmail.com

## Introducción

El analizador simbólico de redes (AnSiRE) es un programa de análisis de redes. Inicialmente, fue desarrollado por Omar Ruiz<sup>1</sup> y mejorado por Juan Escalante.<sup>2</sup>

El motor de cálculo de este software se basaba en el método de análisis nodal modificado (ANM).<sup>3</sup> Posteriormente, se realizó una actualización en el software, reemplazando el motor de cálculo por uno más eficiente. Este nuevo motor utiliza la matriz de admitancia indefinida, lo que dio origen al analizador simbólico de redes usando la matriz de admitancia indefinida (AnSiRE-MAI). Esta actualización fue desarrollada por Jesús González.<sup>4</sup>

El analizador simbólico de redes AnSiRE-MAI es capaz de calcular tensiones en nodos y corrientes en ramas, determinar funciones de transferencia y trabajar con el método de superposición con un costo computacional bastante reducido si se compara con el software origen. Este software tiene integrado los siguientes elementos: fuentes independientes en DC, resistencias, capacitores, inductores, fuentes controladas, transformadores ideales, amplificadores operacionales y acoplamiento magnético.

Dentro de las principales ampliaciones de cálculo realizadas al AnSiRE-MAI, se encuentran las siguientes:<sup>5</sup>

⦿ Se implementaron señales variables en él, incluyendo formas de onda senoidal, cuadrada, triangular y diente de sierra. A su vez, se incorporaron dos nuevos elementos: el interruptor de una vía y el interruptor de dos vías para realizar el análisis transitorio.

⦿ Se realizaron mejoras y optimizaciones al software para así mantener la velocidad que lo caracteriza como también brindar al usuario una experiencia más satisfactoria en cuanto al planteamiento de las redes a resolver, la ejecución y los resultados.

⦿ Una de las particularidades que también es destacable fue el desarrollo de una interfaz de usuario con su instalador que permite

definir las redes, realizar la ejecución y mostrar los resultados haciendo al software AnSiRE-MAI fácil y eficaz de usar.

Cada uno de los algoritmos, funciones y herramientas incorporadas al AnSiRE-MAI, permiten el uso del software en cualquier unidad curricular impartida en la carrera de Ingeniería Eléctrica y carreras afines a la Universidad de Los Andes o de otra institución universitaria que hagan estudios de redes eléctricas.

## MARCO TEÓRICO ANSIRE-MAI

El AnSiRE-MAI es un software en desarrollo, actualmente se encuentra en fase beta, reflejando los resultados en el dominio de la frecuencia. Esto se debe a que se tiene menor costo computacional al resolver las redes en el dominio de la frecuencia que directamente en el dominio del tiempo; el proceso de llevar al dominio de la frecuencia la red, es realizado por el motor de cálculo del AnSiRE-MAI. Con base a lo expuesto, al resultado obtenido habría que aplicarle la transformada inversa de Laplace si se desea el mismo en el dominio del tiempo o interpretar el resultado directamente en el dominio de la frecuencia.

## METODOLOGÍA

La ampliación de las capacidades de cálculo del AnSiRE-MAI se fundamenta en la necesidad de incorporar distintas fuentes de alimentación e interruptores, así como también la incorporación de una interfaz de usuario. Cada uno de los algoritmos diseñados y modificados, fueron desarrollados de manera que pudieran trabajar de forma fluida con los demás algoritmos existentes en el software. Para lograr esto, se dividió cada elemento, función y algoritmo en varias unidades de estudio.

## Matriz de Admitancia Indefinida

El AnSiRE-MAI, usa como motor de cálculo los conceptos asociados a la matriz de admitancia indefinida. El análisis de esta matriz puede ser descrito mediante la

consideración de una red de  $n$  terminales (con un número arbitrario de elementos de red activos y pasivos conectados de cualquier forma) como se muestra en la Figura 1, existiendo un terminal exterior que es definido como nodo de referencia.

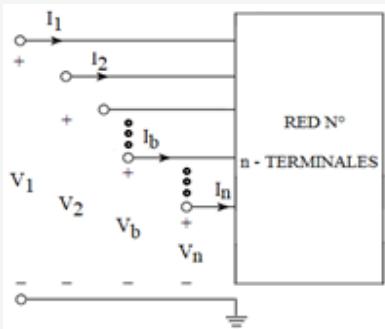


Figura 1. Representación de una red de  $n$  terminales.

Sean  $V_1, V_2, \dots, V_n$  la transformada de Laplace de las tensiones medidas en los terminales 1, 2, ...  $n$  respecto al nodo de referencia externo;  $I_1, I_2, \dots, I_n$  las transformadas de Laplace de las corrientes que entran a los terminales 1, 2, ...,  $n$ .

Como la red es lineal, las corrientes y tensiones están relacionadas por medio de la ecuación 1

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ \vdots \\ I_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & \cdots & Y_{1n} \\ Y_{21} & Y_{22} & \cdots & Y_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Y_{n1} & Y_{n2} & \cdots & Y_{nn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ \vdots \\ V_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} J_1 \\ J_2 \\ \vdots \\ J_n \end{bmatrix} \quad \text{ec. 1}$$

Que puede ser generalizada como:

$$[I] = [Y_{ind}] \cdot [V] + [J] \quad \text{ec. 2}$$

$Y_{ind}$  es llamada Matriz de Admitancia Indefinida (MAI) porque el punto de referencia para las tensiones de los nodos es un punto arbitrario, pero no especificado y se encuentra fuera de la red.  $J$  son las corrientes que fluyen por los terminales cuando todos los nodos con conectados al nodo de referencia arbitrario. Si las corrientes  $J$  son nulas, entonces la ecuación 2 se convierte en

$$I = [Y_{ind}] \cdot [V] \quad \text{ec. 3}$$

Como en el caso de redes de varios puertos, los elementos de  $Y_{ind}$  son admitancias de cortocircuito porque ellos son obtenidos mediante

$$Y_{ij} = \left. \frac{I_i}{V_j} \right|_{V_x=0, x \neq j} \quad \text{ec. 4}$$

lo cual indica que  $Y_{ii}$  es la admitancia local o de punto motriz, conocida también como admitancia driving-point entre el terminal  $i$  y el nodo externo de referencia.

Cuando todos los demás terminales están conectados a tierra (o al punto de referencia),  $Y_{ij}$  representa la admitancia de transferencia desde el terminal  $j$  al terminal  $i$ , bajo la condición de que todos los terminales excepto el  $j$  se encuentren conectados al punto de referencia.

### Propiedades de la matriz de admitancia indefinida

La matriz de admitancia indefinida de acuerdo a la forma en que está definida tiene asociadas algunas propiedades interesantes:

- ① El orden de la matriz es igual al número de nodos existentes en la red.
- ② La matriz admitancia indefinida es singular, lo que implica que su determinante es igual a cero.
- ③ La suma de los elementos de cualquier columna o fila es igual a cero.
- ④ La matriz admitancia de corto circuito o simplemente la matriz admitancia de una red de  $(n-1)$  puertos con un terminal común puede obtenerse de la matriz de admitancia indefinida, considerando a la red compuesta de  $n$  terminales, simplemente eliminándose la fila y columna correspondiente al terminal común.
- ⑤ Si dos terminales de la red se unen para formar uno solo, entonces las entradas de la fila y la columna correspondiente al nuevo terminal es obtenida sumando las entradas de las filas y columnas correspondientes a los dos terminales que están siendo unidos.
- ⑥ Si se asume uno de los nodos como tierra, es decir con voltaje igual a cero, entonces todos los elementos de la columna

correspondiente a este nodo serán cero, por lo cual se puede prescindir de ella y proceder entonces a eliminar la columna de la matriz.  $\Theta$ Todos los cofactores de primer orden de la matriz son iguales.

### Solución de una red de n-terminales

La red mostrada en la Figura 2, puede resolverse con un mínimo de trabajo, esta red es alimentada por una fuente de corriente conectada en los terminales G-H y los voltajes pueden ser medidos en los terminales J-K y R-S. Si en la red hay más de una fuente, como la red es lineal, puede aplicarse el teorema de superposición.<sup>3</sup>

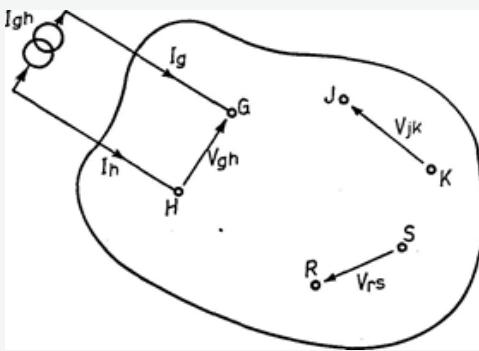


Figura 2. Red de n-terminales, mostrando solamente 3 pares de terminales.<sup>3</sup>

Las ecuaciones que describen esta red pueden expresarse como:

$$\begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ I_g \\ I_h \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & \cdots & Y_{1n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ Y_{g1} & Y_{g2} & \cdots & Y_{gn} \\ Y_{h1} & Y_{h2} & \cdots & Y_{hn} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ Y_{n1} & Y_{n2} & \cdots & Y_{nn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ \vdots \\ V_n \end{bmatrix} \quad \text{ec. 5}$$

Donde  $I_g = -I_h = I_{gh}$  y los voltajes están referidos a un nodo de referencia indefinido. Si todos los terminales, excepto G y H, se dejan en circuito abierto, la admitancia de transferencia entre los pares de terminales G, H y J, K, que es la relación entre la corriente  $I_{gh}$  y el voltaje  $V_{jk}$ , viene dada por:

$$\frac{I_{gh}}{V_{jk}} = \text{sgn}(k - j) \cdot \text{sgn}(h - g) \cdot \frac{Y_{uv}}{Y_{gj,hk}} \quad \text{ec. 6}$$

Donde  $Y_{uv}$  es el cofactor de la admitancia indefinida definida en la ec. 5 y  $Y_{gj,hk}$  es el cofactor formado por la eliminación de la filas  $g$  y  $h$  y las columnas  $j$  y  $k$ , la función  $\text{sgn}()$  denota el "signo de", siendo  $+1$  si  $x > 0$ .

Se pueden derivar de la ec 6 otras expresiones.<sup>4,5</sup> La ganancia de voltaje entre los terminales JK y RS cuando se aplica una corriente de excitación en los terminales G y H tiene la forma:

$$G_{jk,rs}^{gh} = \frac{V_{jk}}{V_{rs}} \Big|_{I_{gh}} = \text{sgn}(s - r) \cdot \text{sgn}(k - j) \cdot \frac{Y_{gj,hk}}{Y_{gr,hs}} \quad \text{ec. 7}$$

La ganancia de voltaje del driving-point se define cuando uno de los voltajes se mide en el par de terminales donde se aplica la corriente de conducción:

$$G_{jk,gh}^{gh} = \frac{V_{jk}}{V_{gh}} \Big|_{I_{gh}} = \text{sgn}(h - g) \cdot \text{sgn}(k - j) \cdot \frac{Y_{gj,hk}}{Y_{gg,hh}} \quad \text{ec. 8}$$

Utilizando estas expresiones, es posible calcular las tensiones o corrientes en cualquier parte de la red, evitando la inversión de matrices, como ocurre en los métodos clásicos empleados para la resolución de redes.

### Diseño y modificación de algoritmos del AnSIRE-MAI

El programa original de AnSIRE-MAI hace uso de la mayoría de los elementos básicos (resistencias, capacitores, inductores, fuentes independientes de tensión y corriente, fuentes controladas, amplificadores operacionales, transformadores ideales y acoplamiento magnético).

Para simular una red se hace uso de las reglas para la descripción de redes usados en SPICE (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis), un simulador de propósito general, desarrollado originalmente en la Universidad de California, Berkeley, en 19736.

Este programa ha derivado en una infinidad de herramientas que actualmente se usan a nivel educativo y comercial. Se ha tratado de respetar las definiciones originales para

mantener la compatibilidad, para más información se puede referir al programa AnSIRE-MAI original desarrollado por González Eslava.<sup>4</sup>

## Algoritmo de interruptores

La versión original de AnSIRE-MAI, no cuenta con un algoritmo que permita emular el comportamiento de interruptores, la ampliación de las capacidades de cálculo en esta nueva versión, incluye el diseño de dos tipos de interruptores: el interruptor de una vía y el interruptor de dos vías. Aunque la lógica aplicada a ambos es similar, su declaración difiere debido a las características particulares de cada uno.

**Interruptor de una vía:** Este interruptor tiene la función de abrir o cerrar una rama de una red. Su comportamiento se emula como una resistencia configurable por el usuario, con un valor de resistencia  $r_{ON}$  cuando el interruptor está cerrado y  $r_{OFF}$  cuando está abierto. Por defecto, los valores asignados son  $r_{ON} = 0 \Omega$  y  $r_{OFF} = 1 G\Omega$ .

La declaración de este elemento se realiza de la siguiente manera:

Nombre\_elemento Nodo\_1 Nodo\_2 ON/OFF Tiempo (rON) (rOFF)

Se puede usar un número ilimitado de interruptores, salvo en los casos en que el

tiempo se defina de forma simbólica. En esta situación particular, solo es posible declarar un único interruptor. Esta característica aporta una notable flexibilidad y versatilidad al algoritmo.

Además, cada variable asociada al interruptor puede definirse de manera simbólica, lo que ofrece un alto grado de personalización y adaptabilidad a las necesidades del usuario. Para una mejor comprensión de la simbología utilizada en el interruptor, se recomienda consultar la Figura 2.

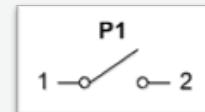


Figura 2. Simbología de interruptor de una vía.

En la Tabla 1 se reflejan los valores obligatorios y por defecto, así como la definición de que cada parámetro que se han de colocar al declarar el elemento.

**Interruptor de dos vías:** El interruptor de dos vías permite redirigir el flujo de corriente entre dos ramas de la red. tanto el interruptor de una vía como el interruptor de dos vías comparten la misma lógica y utilizan los mismos algoritmos. La principal diferencia radica en su formato de declaración, que se detalla a continuación.

Nombre del elemento Nodo 1 Nodo común

**Tabla 1.** Valores por defecto del interruptor de una vía

Parámetro	Valor por defecto	Definición/observaciones
Nombre del elemento	obligatorio	Todo interruptor de una vía debe comenzar con la letra clave "P", seguido de caracteres adicionales que permitan identificar y declarar el elemento de forma única.
Nodo 1	obligatorio	Nodo donde se ubicará el terminal positivo del interruptor de una vía.
Nodo 2	obligatorio	Nodo donde se ubicará el terminal negativo del interruptor de una vía.
ON / OFF	obligatorio	Caracteres claves que indican el estado inicial del interruptor. ON si el interruptor está cerrado. OFF si el interruptor está abierto.
Tiempo en segundos	obligatorio	Tiempo de cambio de estado del interruptor, expresado en segundos o de forma simbólica
rON	opcional	Si no se declara este valor, la resistencia que emula al interruptor en estado cerrado (ON) será $0 \Omega$ por defecto. Si el usuario especifica un valor, la resistencia en ON tomará dicho valor, también puede usarse un valor simbólico.
rOFF	opcional	La declaración de este valor es opcional, si no se coloca ningún valor, el valor que tendrá la resistencia que emula al interruptor cuando está abierto (OFF) será de $1 G\Omega$ , caso contrario, si el usuario coloca un valor la resistencia en OFF será dicha valor (puede ser también simbólico).

Fuente: Viloria, Araujo, Colina

**Tabla 2.** Valores por defecto del interruptor de dos vías.

Parámetro	Valor por defecto	Definición/observaciones
<i>Nombre del elemento</i>	obligatorio	Todo interruptor de dos vías debe comenzar con la letra clave "S", seguida de caracteres que permitan declararlo e identificarlo de manera única.
<i>Nodo 1</i>	obligatorio	Nodo donde se ubicará el elemento. El nodo 1 y el nodo común simularán el camino en estado ON hasta que el interruptor cambie de estado tras el tiempo establecido, momento en el cual pasará a OFF.
<i>Nodo común</i>	obligatorio	Nodo común que tendrá el elemento al cambiar de estado.
<i>Nodo 2</i>	obligatorio	Nodo donde se ubicará el elemento. El nodo 2 y el nodo común simularán el camino en estado OFF hasta que el interruptor cambie de estado tras el tiempo establecido, momento en el cual pasará a ON.
<i>Tiempo en segundos rON</i>	obligatorio	Tiempo de cambio de estado del interruptor en segundos (puede ser también simbólico).
<i>rON</i>	opcional	Si no se declara este valor, la resistencia que emula al interruptor en estado cerrado (ON) será $0 \Omega$ por defecto. Si el usuario especifica un valor, la resistencia en ON tomará dicho valor, que también puede ser simbólico.
<i>rOFF</i>	opcional	La declaración de este valor es opcional, si no se coloca ningún valor, el valor que tendrá la resistencia que emula al interruptor cuando está abierto (OFF) será de $1 G\Omega$ , caso contrario, si el usuario coloca un valor la resistencia en OFF será dicha valor (puede ser también simbólico).

Fuente: Viloria, Araujo, Colina

#### Nodo 2 ON/OFF Tiempo (rON) (rOFF)

Al igual que el interruptor de una vía, el de dos vías puede declararse con todos sus parámetros de forma simbólica. Además, se pueden incluir múltiples interruptores de ambos tipos simultáneamente. Sin embargo, si el tiempo se declara simbólicamente, solo se permite usar un interruptor, ya sea de una o dos vías. Para comprender mejor la simbología del interruptor de dos vías, consulte la figura 3.

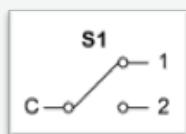


Figura 3. Simbología del interruptor de dos vías.

En la Tabla 2 se reflejan los valores obligatorios y por defecto, así como la definición de que cada parámetro que se han de colocar al declarar el elemento.

#### Fuentes variables en el tiempo

En el software se han incorporado fuentes variables en el tiempo para aumentar su versatilidad. Estas incluyen señales senoidales, cuadradas, triangulares y de diente de sierra.

Para integrarlas, fue necesario modificar las rutinas existentes y añadir nuevas funciones. Estas actualizaciones se implementaron con éxito, garantizando el correcto funcionamiento de las fuentes variables en el tiempo.

A continuación, se detalla cómo se implementó cada tipo de fuente en el software.

**Fuente de señal senoidal:** La función de la señal senoidal se implementó a partir de la ec. 9 reflejada a continuación:

$$F(s) = \frac{A \cdot s \cdot \sin(\beta) + A \cdot w \cdot \cos(\beta)}{s^2 + w^2} \quad \text{ec. 9}$$

Esta ecuación es obtenida a partir de aplicar la transformada de Laplace a la función seno con amplitud A, frecuencia w y fase  $\beta$  en el dominio del tiempo, siendo tal ecuación:

$$f(t) = A \cdot \sin(w \cdot t \cdot \beta) \quad \text{ec. 10}$$

**Fuente de señal cuadrada:** Para implementar la fuente de señal cuadrada, así como las señales triangulares y diente de sierra que se describirán a continuación, fue necesario encontrar una solución alternativa. Esto se debe a que las expresiones de estas señales discontinuas no pueden ser

procesadas directamente por el analizador de expresiones del software.

Primero, se analizó un período de la señal y se transformó al dominio de la frecuencia, obteniendo la siguiente ecuación:

$$F(s) = \frac{A}{s} \quad \text{ec. 11}$$

Donde A representa la amplitud y s la variable en el dominio de la frecuencia. a es un factor variable que depende de la ubicación del punto de evaluación dentro de la ecuación fundamental valiendo esta (1,-1) indicando así el segmento positivo y negativo de la función onda cuadrada.

Al tratarse de una función periódica, el resultado final se le multiplica por la siguiente expresión:

$$F(S) = \frac{1}{1 - e^{-s \cdot T}} \quad \text{ec. 12}$$

Donde T es el período de la función. Todo este proceso se codificó obteniendo los resultados esperados.

**Fuente de señal triangular:** Tal como se describió en el apartado anterior, se abordó este elemento desde otra perspectiva por las limitantes explicadas obteniendo la siguiente ecuación:

$$F(S) = \frac{A}{s} + \frac{4 * \beta * A}{T * s^2} \quad \text{ec. 13}$$

Y finalmente al resultado final se le multiplica por la ecuación ec 12.

**Fuente de señal diente de sierra:** La lógica implementada para esta fuente es la misma que los casos anteriores, obteniendo la siguiente ecuación:

$$F(S) = \frac{A}{T} * \frac{1}{s^2} \quad \text{ec. 14}$$

Y finalmente al resultado final se le multiplica por la ecuación ec. 12.

**Declaración de las fuentes desarrolladas:** La declaración de cualquiera de las fuentes implementadas en AnSIRE-MAI, tendrá la siguiente estructura:

Nombre\_elemento nodo 1 nodo 2 Tipo\_fuente Offset Amplitud Frecuencia Fase

Los parámetros declarados, deben ser estructurados de acuerdo a los datos presentados en la Tabla 3.

### Nuevo formato de declaración y corrección de algoritmos que presentaban fallas

A lo largo del desarrollo del software se hicieron múltiples correcciones y modificaciones a las rutinas existentes, esto con la finalidad de obtener los resultados que se esperan, así como optimizar y acoplar las mejoras al software. A continuación, se nombran y se define brevemente algunas de correcciones realizadas a las rutinas existentes:

**Modificación a la declaración de fuentes independientes DC:** Esta modificación se realizó con la finalidad de adosar las nuevas fuentes utilizando parte de los algoritmos existentes, por lo que tomó un rol importante en el estudio e implementación de las nuevas fuentes.

**Corrección a fuentes DC:** Dado que el motor de cálculo del software opera en el dominio de la frecuencia, todos los elementos declarados se transforman automáticamente a dicho dominio. Sin embargo, esto no ocurría correctamente con las fuentes DC, ya que el motor las interpretaba como señales de impulso en lugar de señales constantes. Este inconveniente fue corregido exitosamente, asegurando su correcto funcionamiento.

**Corrección a la cantidad máxima de caracteres en parámetro “valor”:** La variable utilizada para almacenar valores como la amplitud de la señal, la resistencia, entre otros, podía ser simbólica o numérica, pero estaba limitada a 15 caracteres. En el caso de valores numéricos, parte de esos 15 caracteres se reservaban para los decimales. Por ello, si se declaraba un valor numérico mayor a 9.999.999 o una variable con más de 15 caracteres, se producía un desbordamiento. Esto hacía que los caracteres sobrantes ocuparan la memoria reservada para otro parámetro, ya que la asignación de memoria era

**Tabla 3.** Valores por defecto del interruptor de las fuentes variables en el tiempo.

Parámetro	Valor por defecto	Definición/observaciones
<i>Nombre_elemento</i>	obligatorio	Debe iniciar con su letra clave "V" o "I" (dependiendo de si es una fuente de tensión independiente o fuente de corriente de independiente) seguido de caracteres para declarar e identificar al elemento.
<i>Nodo 1</i>	obligatorio	Nodo donde se ubicará el terminal positivo de la fuente.
<i>Nodo 2</i>	obligatorio	Nodo donde se ubicará el terminal negativo de la fuente.
<i>Tipo_fuente</i>	obligatorio	Caracteres claves que indican el tipo de fuente. SIN para la señal seno, SQR para la señal cuadrada, TRI para la señal triangular y SAW para la señal diente de sierra.
<i>Offset</i>	obligatorio	Valor offset agregada a la señal.
<i>Amplitud</i>	obligatorio	Amplitud de la señal.
<i>Frecuencia</i>	obligatorio	Frecuencia de la señal.
<i>Fase</i>	opcional	Fase de la señal, valor por defecto 0

Fuente: Viloria, Araujo, Colina

consecutiva, generando un error semántico. Para solucionar este problema, el límite se amplió a 100 caracteres.

**Formato de mensaje de errores:** Se añadieron nuevos mensajes de error para informar al usuario cuando declare un elemento incorrectamente u ocurra un fallo durante la ejecución. Esto evita cierres inesperados del software y permite al usuario conocer la razón por la cual la simulación no pudo completarse.

## Comandos

Se ha respetado los comandos originales de SPICE6 y se han incluido nuevas características como la aplicando el teorema de superposición (.SP) y la definición del nodo de referencia (.GND)

## Esquema general del programa

El esquema general del programa se representa en la figura 4, tiene como archivo de entrada la descripción de la red en un archivo texto con extensión .CIR (denominado netlist como lo establece SPICE original), seguidamente se procesa y se crean la matriz de admitancia indefinida con los elementos pasivos.

Posteriormente se modifica dicha matriz para agregar los elementos activos y ajustar las dimensiones de la matriz según los modelos usados. Posteriormente se procesan los comandos usados según los requerimientos del usuario para obtener las funciones de transferencias, las tensiones o corrientes de forma simbólica.

**Tabla 4.** Comandos reconocidos por AnSIRE-MAI.

Comando	Definición/observaciones	ejemplo
.AC	Calcula la respuesta de frecuencia de la última .TF definida	.AC DEC (n_puntos) (f_inicial) (f_final)
.GND	Define el nodo de referencia	.GND nodo
.PLOT	Calcula e imprime hasta 4 variables de V o I	.PLOT par1 par2 par 3 par4
.SP	Realiza cálculos aplicando el teorema de superposición	.SP
.TF	Calcula la función de transferencia	.TF (Salida) (Fuente_entrada)
.TRAN	Calcula análisis transitorio de la última expresión definida	.TRAN (Paso) (Tiempo_final)

Fuente: Viloria, Araujo, Colina

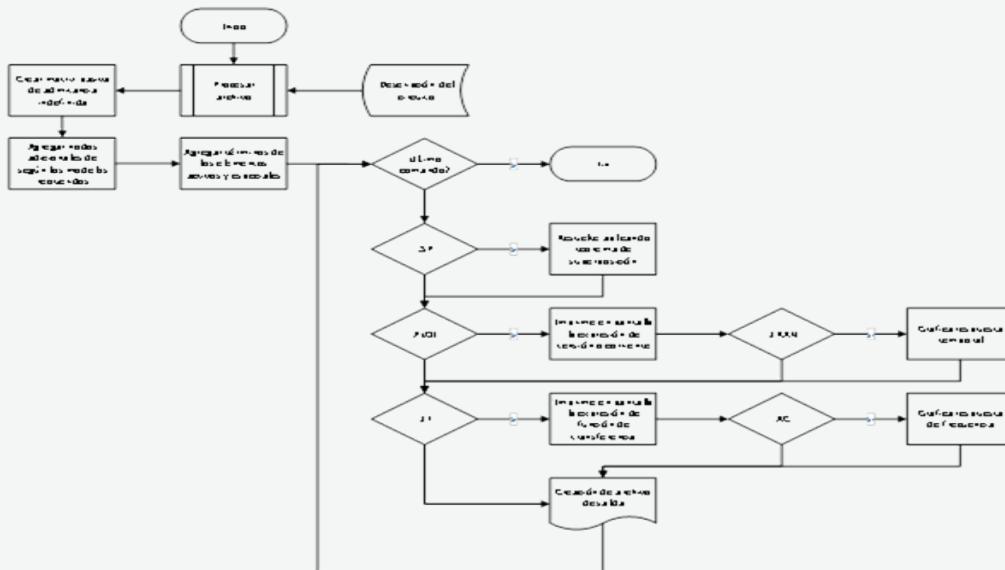


Figura 4. Algoritmo general del motor de cálculo.

## INTERFAZ DE USUARIO

La interfaz de usuario del software AnSiRE-MAI fue desarrollada con QT, utilizando C, C++ y QML. Esta mejora simplifica significativamente el análisis de redes, reemplazando el proceso anterior que requería crear archivos de transferencia de datos, ingresar datos manualmente y pasar rutas como argumentos en la línea de comandos.

Con la nueva interfaz, el usuario puede ingresar datos directamente, ejecutar simulaciones, visualizar resultados, modificar archivos existentes y guardar resultados de forma sencilla. Además, incluye herramientas y menús que automatizan tareas y mejoran la experiencia del usuario.

Para tener una mejor idea de cómo se ve esta interfaz de usuario, se puede consultar la figura 5.

En la figura 5, se puede observar que se tienen 4 menús: archivo, edición, ayuda y acciones, a su vez, se observa una barra de herramientas; cada uno de esos menús se desglosa en un conjunto de herramientas bastante intuitivas que a continuación se describirán brevemente:

## Menú archivo

La interfaz de usuario cuenta con cinco pestañas principales: "Abrir", "Nuevo", "Guardar", "Guardar como" y "Cerrar", cada una diseñada para mejorar la experiencia del usuario:

**Abrir:** Permite abrir archivos existentes para visualizarlos, modificarlos o ejecutarlos, facilitando el acceso a proyectos previos.

**Nuevo:** Crea una nueva ventana de simulación, ideal para limpiar el área de trabajo o iniciar simulaciones con un nombre diferente.

**Guardar:** Guarda los cambios en la ubicación actual o, si no existe una, solicita un nombre y ubicación, asegurando que el trabajo quede almacenado correctamente.

**Guardar como:** Permite guardar el documento en una ubicación diferente o crear copias en otras ubicaciones, ofreciendo mayor flexibilidad en la gestión de archivos.

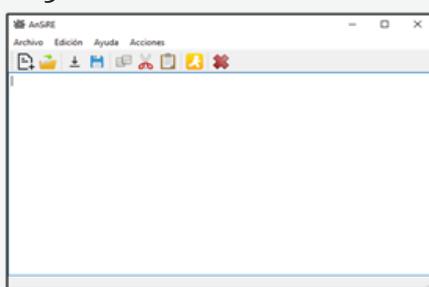


Figura 5. Interfaz de usuario.

**Cerrar:** Finaliza el proceso y cierra el programa de manera rápida y sencilla.

Además, cada pestaña tiene una tecla de acceso rápido para facilitar la navegación y el uso eficiente de la interfaz.

### **Menú edición**

La interfaz de usuario incluye tres pestañas adicionales: "Copiar", "Cortar" y "Pegar", diseñadas para facilitar la manipulación de texto:

**Copiar:** Duplica el texto seleccionado para reutilizarlo en otra parte del documento o en otra aplicación.

**Cortar:** Elimina el texto seleccionado y lo transfiere al portapapeles para moverlo a otra ubicación.

**Pegar:** Inserta el texto previamente copiado o cortado en la posición seleccionada.

Cada pestaña cuenta con teclas de acceso rápido, lo que agiliza estas acciones y mejora la eficiencia del usuario al trabajar con el software.

### **Menú ayuda**

La interfaz de usuario incluye tres pestañas informativas: "Acerca de", "Acerca de QT" y "Acerca del programa":

**Acerca de:** Muestra información sobre el autor y el tutor académico del programa.

**Acerca de QT:** Proporciona detalles sobre el entorno de desarrollo QT, como su versión y características técnicas.

**Acerca del programa:** Ofrece orientación sobre el uso del AnSiRE-MAI, junto con consideraciones y detalles relevantes.

Cada pestaña cuenta con teclas de acceso rápido para facilitar la navegación y mejorar la experiencia del usuario.

### **Menú acciones**

La interfaz de usuario incluye la pestaña "Ejecutar", que activa las funciones para ejecutar el AnSiRE-MAI. En el caso de una

nueva simulación, se solicita al usuario asignar un nombre y una ubicación para guardarla.

Tras guardar el archivo, se abre automáticamente la ventana de comandos (cmd) para mostrar la ejecución y los cálculos del software. Al finalizar, los resultados se cargan directamente en la interfaz. Esta pestaña también cuenta con una tecla de acceso rápido para mayor comodidad.

### **Barra de herramientas**

Cuenta con herramientas en el que se puede realizar algunas de las funciones mencionadas en los menús, ubicando el cursor y haciendo clic izquierdo sobre alguna de las opciones

## **DETALLES DE IMPLEMENTACIÓN**

Los algoritmos del AnSiRE-MAI se implementaron en el entorno QT 4.9.1 utilizando el lenguaje C y el compilador MinGW 5.13.0. La generación del archivo ejecutable (.exe) se llevó a cabo en Dev-C++ con el compilador TDM-GCC 4.9.2.

La interfaz de usuario fue desarrollada con QT 4.9.1 empleando herramientas Widget. Aunque la interfaz y el software principal son programas separados, se integran internamente mediante la función system().

El instalador del programa se creó utilizando la librería QT Installer Framework 4.3.0, optimizando el proceso de instalación del software. Al ejecutarlo, se abre una ventana que guía al usuario a través de los pasos necesarios para completar la instalación correctamente.

Una vez instalado, el programa ocupará aproximadamente 883.69 MB en el disco duro y creará un acceso directo en el menú de inicio para facilitar su uso.

## **RESULTADOS**

Para la comprobación del funcionamiento del software, se trabajaron algunas redes de prueba tanto simbólicos como numéricos y los resultados obtenidos se compararon con el simulador "Multisim".<sup>7</sup>

El software se instaló en diversos equipos con el sistema operativo de Windows de diferentes versiones (Windows 7 y Windows 10) tanto de 32 bits como de 64 bits, operando de manera correcta.

A continuación, se muestran dos ejemplos, uno con valores numéricos y otro con valores simbólicos.

### Ejemplo N°1: Red con señal senoidal.

En la Figura 7(a), se muestra el esquema de la red a implementar, en la Figura 7(b) se aprecia la interfaz gráfica con la declaración de los elementos que componen la red y la respuesta que se desea obtener, en este caso el voltaje en la resistencia  $r_1$ . La red cuenta con una señal seno con offset igual a 5 V, una amplitud de 5 V, frecuencia de 60 Hz y un desfase de  $120^\circ$  en serie con dos resistencias de  $1\text{ k}\Omega$ , se pide hallar la diferencia de potencial en la resistencia  $r_1$ .

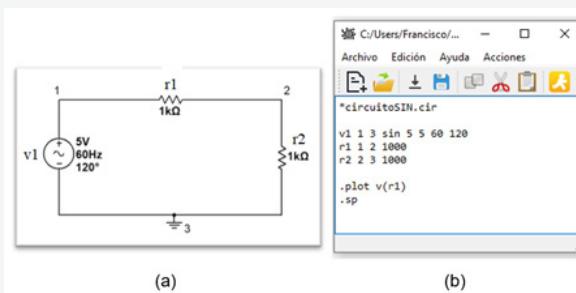


Figura 7. (a) Red con señal senoidal. (b) Netlist de la red con señal senoidal a simular.

En la Figura 8, se muestra el resultado que se obtiene en el dominio de la frecuencia al darle a la opción ejecutar en las opciones del menú.

```

*para V(R1) el resultado es: ((9122.127 + (2.5*S^2) + (1.451525*S))/((3600 + S^2))
((9122.127 + (2.5*S^2) + (1.451525*S)))
.PLOT V(R1) = -----
((3600 + S^2))

```

Figura 8. Respuesta de la red con señal senoidal.

### Ejemplo N°2: Red con amplificador operacional y señal cuadrada.

En la Figura 9(a), se muestra el esquema de la red a implementar, en la Figura 9(b) se aprecia la interfaz gráfica con la declaración de los elementos que componen la red y la respuesta que se desea obtener, en este caso la ganancia. La red está integrada por un amplificador operacional tipo inversor con amplitud  $A$ , frecuencia  $T$  (ambos simbólicos) offset o  $V$  y sus respectivas resistencias conectadas entre la fuente y el amplificador.

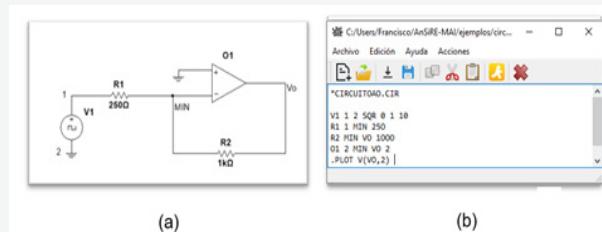


Figura 9. (a) Red con amplificador operacional y señal cuadrada. (b) Netlist con amplificador operacional y señal cuadrada a simular.

Se ejecuta el software y el resultado que se obtiene se visualiza en la Figura 10.

```

*para V(V0,2) el resultado es: (1*(1-e^-ST)^-1)*((-0.04*A*ALFA)/(S))
(1*(1-e^-ST)^-1)*((-0.04*A*ALFA)
.PLOT V(V0,2) = -----
(S))

```

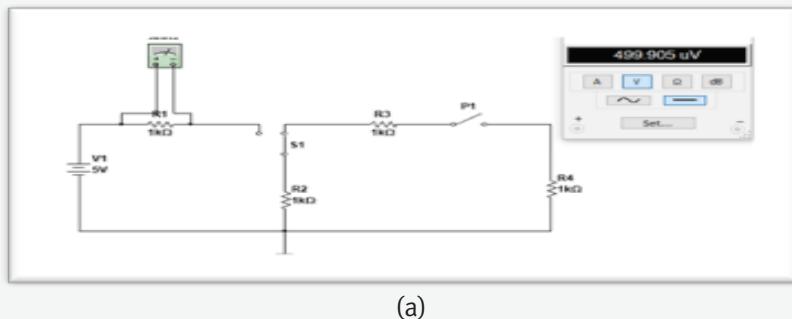
Figura 10. Resultados de la red con amplificador operaciones y señal onda cuadrada.

### Ejemplo N°3: Red con interruptores de una y dos vías.

El ejemplo a describir en la interfaz se vería gráficamente como en la Figura 11 (a), en la cual se muestran los resultados que se obtienen al realizar el análisis en NI Multisim 14.0.

Se describe la red en la interfaz de AnSIRE-MAI, tal como se ve en la Figura 11. (b)

Se ejecuta el software y el resultado que se obtiene se visualiza en la Figura 12, el cual es el esperado.



(a)

```

C:/Users/Francisco/AnSiRE-MAI...
Archivo Edición Ayuda Acciones
*CIRCUITOPS.CIR
V1 1 7 DC 5
R1 1 2 1000
S1 2 3 4 5 100 10000000
R2 3 7 1000
R3 4 5 1000
P1 5 6 ON 10 100 10000000
R4 6 7 1000
.plot v(R1)

```

(b)

Figura 11 (a) Red con interruptores de una y dos vías en NI Multisim 14.0. (b) Netlist con interruptores de una y dos vías en AnSiRE-MAI.

```

C:/Users/Francisco/AnSiRE-MAI...
Archivo Edición Ayuda Acciones
Para V(R1) el resultado es:
0.00049990002499245

```

Figura 12. Resultados de la red con interruptores de una y dos vías.

## Conclusiones

La ampliación de las capacidades de cálculo del AnSiRE-MAI permitió la incorporación de nuevos algoritmos, rutinas y mejoras, así como una actualización de su interfaz de usuario. Con las nuevas actualizaciones, el programa es capaz de realizar cálculos numéricos, simbólicos y mixtos de manera eficiente, manteniendo la velocidad de procesamiento y la precisión en los resultados que caracterizan al AnSiRE-MAI.

La implementación del algoritmo de interruptores fue exitosa, agregando funciones y condiciones que permiten declarar los parámetros de forma numérica, mixta o simbólica. Incluso se consideró la inclusión de la resistencia intrínseca si así lo desea el usuario.

La implementación de fuentes variables en el tiempo requirió un enfoque diferente debido a las limitaciones del analizador de expresiones del software. Sin embargo, se logró obtener un resultado satisfactorio en esta funcionalidad.

El nuevo entorno de escritura, lectura y ejecución del AnSiRE-MAI, se puede instalar en cualquier ordenador y comenzar a utilizarlo de inmediato, sin complicaciones.

Se implementaron los algoritmos, rutinas y funciones de manera estructurada y secuencial, lo que permite futuras actualizaciones y mejoras sin dificultades adicionales.

## Referencias

- 1.- O.J., Ruiz Sotelo, Trabajo de Grado: Análisis Simbólico de Circuitos. Parte 1: Motor de Cálculo., Mérida: Universidad de Los Andes, 2017.
- 2.- J. J., Escalante Márquez. Trabajo de Grado: Ampliación de las capacidades de cálculo del analizador simbólico de redes AnSiRE. Mérida: Universidad de Los Andes, 2019.
- 3.- R. Spence, LINEAR ACTIVE NETWORKS, ABERDEEN: Jonh Wiley & Sons Ltd, 1970.
- 4.- J.A, González Eslava, Trabajo de Grado: Análisis Simbólico de Circuitos usando la Matriz de Admitancia Indefinida. Mérida: Universidad de Los Andes, 2022.
- 5.-J.X., Colina Tromp. Trabajo de Grado: Ampliación de las capacidades de cálculo del analizador simbólico usando la matriz de admitancia indefinida. Mérida: Universidad de Los Andes, 2022.
- 6.- L.W. Nagel LW, D.O. Pederson. Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis. Berkeley: EECS Department, University of California;1973. Informe Nro: UCB/ERL M382. Disponible en: <https://www2.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/1973/ERL-382.pdf>. [Acceso: 02 febrero 2025].
- 7.-National Instruments. Multisim [software]. Versión 14. Austin, TX: National Instruments; 2025. Disponible en: <https://www.ni.com/es-cr/shop/product/multisim.html>. [Acceso: 02 junio 2025].

# IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE UN PROGRAMA DE ROBÓTICA EDUCATIVA STEAM CON MBLOCK Y ARDUINO PARA ESTUDIANTES DE BACHILLERATO

## IMPLEMENTATION AND EVALUATION OF A STEAM EDUCATIONAL ROBOTICS PROGRAM WITH MBLOCK AND ARDUINO FOR HIGH SCHOOL STUDENTS

**José Hernán Ramírez Ramírez.**

Profesor invitado de Robótica Aplicada. Colegio Sagrada Familia  
Mérida- Venezuela. 5101  
hernan.ramirez@gmail.com

**Recibido:** 03-07-2025  
**Aceptado:** 01-09-2025

### RESUMEN

El presente artículo detalla la implementación y los resultados de un programa de robótica educativa, fundamentado en la metodología STEAM, dirigido a estudiantes de segundo año de bachillerato (13-14 años). El objetivo principal fue introducir a los estudiantes en los principios de la programación y la electrónica mediante un enfoque práctico y motivador, utilizando el software de programación por bloques mBlock y kits de robótica basados en Arduino. La metodología se estructuró en una secuencia didáctica progresiva, abarcando desde la iniciación a la programación visual con mBlock, la introducción a conceptos fundamentales de electrónica y el desarrollo de prácticas dirigidas con Arduino, hasta la culminación en proyectos grupales de aplicación (robots seguidores de línea, controlados por Bluetooth, que esquivan obstáculos, sistemas de control para viveros, domótica y control de estacionamientos). Los resultados evidenciaron una alta participación y consecución de objetivos, con un 80% de logro en las actividades iniciales de programación y el 100% en la creación de juegos. Todos los grupos completaron satisfactoriamente sus proyectos finales, los cuales fueron presentados en una feria de ciencias. Como conclusión, la experiencia demostró ser una estrategia pedagógica efectiva para el desarrollo de competencias STEAM, integrando conocimientos de matemáticas, física, electrónica y programación, y fomentando el pensamiento computacional, la resolución de problemas y la creatividad, con una inversión optimizada en recursos.

**Palabras clave:** Aprendizaje Basado en Proyectos, Arduino, mBlock, Pensamiento Computacional, Robótica Educativa, STEAM.

**José Hernán Ramírez Ramírez:** Doctor en Ecología del Desarrollo Humano, Sub área: Ingeniería de Software. Universidad Politécnica Territorial de Mérida "Kleber Ramírez" (UPTMKR). Maestría en Educación mención Informática y Diseño Instruccional Universidad de los Andes (ULA). Licenciado en Computación Tecana American University (TAU), USA. Técnico Superior en Informática IUFROnt Merida-Venezuela

# IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE UN PROGRAMA DE ROBÓTICA EDUCATIVA STEAM CON MBLOCK Y ARDUINO PARA ESTUDIANTES DE BACHILLERATO

## IMPLEMENTATION AND EVALUATION OF A STEAM EDUCATIONAL ROBOTICS PROGRAM WITH MBLOCK AND ARDUINO FOR HIGH SCHOOL STUDENTS

**José Hernán Ramírez Ramírez.**

Profesor invitado de Robótica Aplicada. Colegio Sagrada Familia  
Mérida- Venezuela. 5101  
hernan.ramirez@gmail.com

**Recibido:** 03-07-2025

**Aceptado:** 01-09-2025

### ABSTRACT

This article details the implementation and results of an educational robotics program, based on the STEAM methodology, aimed at second-year high school students (13-14 years old). The main objective was to introduce students to the principles of programming and electronics through a practical and motivating approach, using the mBlock block-based programming software and Arduino-based robotics kits. The methodology was structured in a progressive didactic sequence: an introduction to visual programming with mBlock through the creation of animations and games; an introduction to fundamental electronics concepts; development of guided practices with Arduino for managing components (LEDs, DHT11 sensors, proximity, infrared), actuators (servo motors), and communication; and culmination in applied group projects (line-following robots, Bluetooth-controlled robots, obstacle-avoiding robots, greenhouse control systems, home automation, and parking control systems). The results showed a high degree of participation and achievement of objectives, with 80% success in initial programming activities and 100% in the creation of simple games. All groups successfully completed their final projects, which were presented at a science fair. As a conclusion, the experience proved to be an effective pedagogical strategy for developing STEAM competencies, integrating knowledge from mathematics, physics, electronics, and programming, and fostering computational thinking, problem-solving, and creativity, with optimized resource investment.

**Key words:** Arduino, Computational Thinking, Educational Robotics, mBlock, Project-Based Learning, STEAM

**José Hernán Ramírez Ramírez:** Doctor en Ecología del Desarrollo Humano, Sub área: Ingeniería de Software. Universidad Politécnica Territorial de Mérida "Kleber Ramírez" (UPTMKR). Maestría en Educación mención Informática y Diseño Instruccional Universidad de los Andes (ULA). Licenciado en Computación Tecana American University (TAU), USA. Técnico Superior en Informática IUFROnt Merida-Venezuela

## Introducción

La educación contemporánea enfrenta el desafío de preparar a los estudiantes para un mundo tecnológicamente avanzado y en constante cambio. En este contexto, el enfoque STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas) ha ganado prominencia por su capacidad para integrar disciplinas y fomentar habilidades del siglo XXI.<sup>1-4</sup> La robótica educativa, como componente de STEAM, se presenta como una herramienta pedagógica de alto impacto,<sup>5-7</sup> que permite a los estudiantes pasar de ser consumidores pasivos de tecnología a creadores activos. A través de la construcción y programación de robots, los estudiantes desarrollan el pensamiento computacional,<sup>8-10</sup> la capacidad de resolución de problemas, la creatividad y el trabajo colaborativo.

Plataformas de hardware de bajo costo y código abierto como Arduino<sup>11</sup> y entornos de programación visual por bloques como mBlock (basado en Scratch)<sup>12</sup> han democratizado el acceso a la robótica educativa, permitiendo su implementación en diversos contextos escolares. Estas herramientas facilitan una curva de aprendizaje gradual, desde conceptos básicos de programación hasta el desarrollo de proyectos complejos.

La presente investigación expone la implementación de un programa de robótica educativa en estudiantes de segundo año de bachillerato. Se aborda la problemática inherente a la enseñanza teórica tradicional en programación y electrónica mediante la propuesta de una iniciativa atractiva y de aplicación práctica.

El objetivo de este artículo es describir la metodología utilizada, analizar los resultados obtenidos y reflexionar sobre las implicaciones pedagógicas de esta intervención, en línea con los postulados del aprendizaje basado en proyectos<sup>13</sup> y el constructivismo.<sup>14</sup>

## Métodos y Materiales

El diseño de la investigación corresponde

a un estudio de caso descriptivo, centrado en la experiencia de implementación de un programa de robótica educativa durante el año escolar 2023-2024.

## Participantes

Participaron 20 estudiantes de segundo año de bachillerato (N=20), con edades entre 13 y 14 años.

## Entorno y Recursos

Se habilitó un laboratorio con 10 estaciones de trabajo, cada una equipada con una computadora con el software mBlock 5 y un kit de robótica "LAFVIN Kit básico de inicio con R3 CH340". Este kit cuenta con una placa compatible con Arduino R3 y un conjunto integral de componentes que permiten el desarrollo de circuitos electrónicos, la lectura de datos de diversos sensores ambientales y de movimiento, y la interacción con actuadores, incluyendo un protoboard y cables de conexión. Adicionalmente, se adquirieron componentes complementarios como pantallas LCD de doble línea, servomotores SG90 y mini bombas de agua para ampliar las posibilidades de los proyectos.

## Procedimiento y Secuencia Didáctica

El programa se estructuró en fases progresivas, adoptando un enfoque de enseñanza directa y aprendizaje basado en proyectos.

• **Fase 1:** Fundamentos de Programación con mBlock. Se introdujo el entorno de programación por bloques mBlock, cubriendo conceptos básicos como secuencias, bucles (repetición) y condicionales (decisión). Las prácticas incluyeron el desarrollo de animaciones interactivas (por ejemplo, simulación de movimiento parabólico de un balón de fútbol) y la creación de juegos sencillos (por ejemplo, "Nave espacial rompe asteroides", "Aviones rompe nubes").

• **Fase 2:** Introducción a la Electrónica y Arduino. Esta fase abordó conceptos teóricos clave: voltaje, corriente, resistencia, principios fundamentales de la Ley de Ohm,

y señales analógicas y digitales (PWM). Se examinaron componentes electrónicos como LEDs, resistencias, pulsadores, potenciómetros, sensores (DHT11, LDR, ultrasonido, infrarrojo) y actuadores (servomotores). Se detalló la placa Arduino (pines, estructura) y su conexión con mBlock (mLink) para carga de programas y modo en vivo. La práctica inicial consistió en la interacción de Arduino con mBlock para encender el LED integrado en el pin 13. Finalmente, se exploraron las características de los componentes para su uso en la siguiente fase.

**Fase 3:** Prácticas Dirigidas con Arduino y mBlock. Se realizaron prácticas intensivas que incluyeron el encendido y control de LEDs (individual, secuencial, con potenciómetro), la lectura de sensores analógicos (LDR, potenciómetro) y digitales (pulsador), y el control de servomotores (posición, barrido). También se trabajó con sensores de proximidad (infrarrojo, ultrasonido) y se introdujo el control de motores DC con puente H. Se llevaron a cabo ejercicios para encender múltiples LEDs con interfaces (teclas, botones) y pulsadores físicos. Se implementaron lecturas de temperatura y humedad con el sensor DHT11, y control de movimientos con servomotores.

**Fase 4:** Desarrollo de Proyectos Finales (Aprendizaje Basado en Proyectos). Los estudiantes, organizados en grupos de tres integrantes, seleccionaron y desarrollaron un proyecto integrando los conocimientos adquiridos. Los proyectos incluyeron:

- Robot siguelineas.
- Robot esquiva-obstáculos.
- Robot controlado por Bluetooth mediante una aplicación móvil Android.
- Sistema de control para un vivero (riego automático basado en humedad del suelo, monitoreo de temperatura y humedad con DHT11 y display LCD).
- Maqueta domótica (control de luces vía Bluetooth, apertura/cierre de puerta con sensor de proximidad y servomotor, visualización de nivel de tanque de agua).
- Sistema de control de estacionamiento (barrera con servomotor, conteo de vehículos con sensor y display).

**Fase 5:** Socialización y Evaluación (Feria de Ciencias). Los proyectos fueron presentados y demostrados en una feria de ciencias abierta a la comunidad educativa y local. Se realizó una gira de medios previa para promocionar el evento y asegurar una amplia difusión.

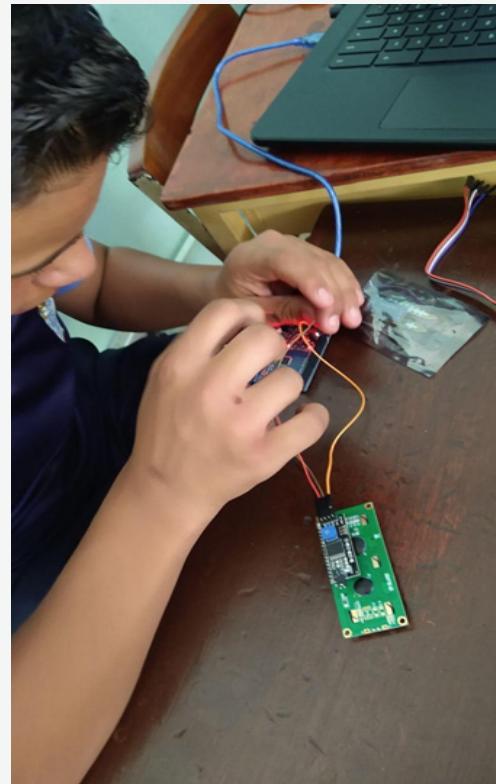


Figura 1. Montaje de sensores en el Arduino.

En la Figura 1, se puede apreciar a uno de nuestros estudiantes inmerso en el proceso de montaje de los sensores en la placa Arduino. Esta imagen captura la esencia de la fase práctica del programa, donde la teoría cobra vida a través de la manipulación directa de los componentes electrónicos.

Es en estos momentos donde la concentración y la precisión se vuelven clave, y donde los jóvenes comienzan a ver cómo sus ideas toman forma física.

## Resultados del Programa: Un Camino Hacia la Innovación

Los resultados obtenidos a lo largo de la implementación del programa demuestran un progreso significativo en las habilidades y la comprensión de los estudiantes.

## Desempeño Inicial y Creatividad en Programación (Fase 1)

En la primera fase, los estudiantes mostraron un rápido dominio de los fundamentos de programación:

◎ **Animación Parabólica:** Un 80% de los estudiantes completó la tarea de animación del movimiento parabólico de forma autónoma y funcional. El 20% restante solo necesitó apoyo individualizado para pulir sus programas, lo que subraya la efectividad del aprendizaje. Además, un 10% del total fue más allá, incorporando elementos más complejos de escenarios de animación y programas que enriquecieron sus escenarios.

◎ **Creación de Juegos:** Todos los estudiantes (100%) lograron desarrollar al menos un juego funcional, cumpliendo con los requisitos básicos de interactividad y lógica. Este logro subraya su capacidad para aplicar conceptos de programación de manera creativa y práctica.

## Adquisición de Conceptos de Electrónica y Arduino (Fases 2 y 3)

A lo largo de las fases 2 y 3, se observó una comprensión progresiva y sólida de los conceptos electrónicos y del manejo de la placa Arduino. Los estudiantes demostraron habilidad para conectar circuitos correctamente y programar la interacción entre diversos sensores y actuadores.

## Evaluación Profunda: Teoría y Práctica

### Comprensión Teórica

La prueba de conocimientos aplicada al finalizar la Fase 3 evaluó conceptos como voltaje, corriente, resistencia, Ley de Ohm, señales analógicas y digitales (PWM), y la identificación de pines de Arduino.

◎ **Resultados Cuantitativos:** El 85% de los estudiantes obtuvo una calificación superior al 70%, con una puntuación promedio de 78%. Estos números confirman una sólida comprensión de los principios teóricos introducidos, formando una base robusta

para aplicaciones más avanzadas.

La Tabla 1 se presenta para ofrecer una perspectiva agregada que facilita el análisis de la distribución de los logros académicos en la prueba teórica. En ella, las calificaciones se han clasificado en rangos específicos, lo que permite visualizar la concentración del desempeño estudiantil y ratificar la significativa proporción de resultados satisfactorios.

**Tabla 1:** Distribución de Calificaciones de la Prueba Teórica (Fase 3)

Rango de Calificaciones (puntos)	Cantidad de Estudiantes	Porcentaje (%)
0 - 10	0	0%
11 - 13	2	10%
14 - 16	9	45%
17 - 20	9	45%
Total	20	100%

La distribución mostrada en la Tabla 1 corrobora que la mayoría de los estudiantes se situaron en los rangos de calificación más altos, reflejando una comprensión sólida y homogénea de los principios electrónicos y de programación.

### Habilidades Prácticas de Conexión y Programación

La evaluación de las habilidades prácticas se centró en la capacidad de los estudiantes para ensamblar y programar circuitos específicos durante la Fase 3.

◎ **Control de LED con Potenciómetro:** Un sobresaliente 92% de los estudiantes logró ensamblar y programar correctamente este circuito. Solo un 8% requirió asistencia menor para depurar conexiones o código, demostrando una alta eficiencia y precisión.

⦿ Lectura del Sensor DHT11: El 88% de los estudiantes programó con éxito la lectura de datos del sensor DHT11 y su visualización en el monitor serial. Este resultado es clave, ya que valida su capacidad para integrar hardware y software de manera efectiva.

⦿ Eficiencia: El tiempo promedio para completar cada una de estas tareas fue de aproximadamente de 1 hora, lo que indica no solo el dominio de los conceptos, sino también la eficiencia en su aplicación práctica.

La evaluación no se limitó a los conocimientos teóricos; la capacidad de los estudiantes para aplicar estos conceptos en la práctica fue igualmente crucial.

A continuación, la Tabla 2 sintetiza el porcentaje de éxito en las dos habilidades prácticas fundamentales evaluadas durante la Fase 3: el control de LEDs con potenciómetro y la lectura del sensor DHT11.

**Tabla 2:** Resumen de Habilidades Prácticas (Fase 3)

Habilidad Evaluada	Porcentaje de Éxito
Control de LED con Potenciómetro	92%
Lectura y Visualización DHT11	88%

Los altos porcentajes de éxito en la Tabla 2 son indicativos de la eficacia del enfoque práctico del programa, demostrando que los estudiantes no sólo comprendieron los conceptos, sino que también desarrollaron la destreza necesaria para implementar circuitos funcionales.

## Desafíos Integradores y Proyectos Finales

### Mini-Proyecto "Semáforo Inteligente"

Al final de la Fase 3, cada grupo enfrentó el desafío de construir y programar un "semáforo inteligente" con secuencias temporizadas y un sensor de proximidad para peatones.

⦿ Resultados Cuantitativos: El 95% de los grupos presentó un mini-proyecto funcional que cumplió con todos los requisitos. La calificación promedio obtenida fue de 17 sobre 20, según una rúbrica que valoró la funcionalidad, la eficiencia del código y la creatividad. Este logro resalta la capacidad de integración y resolución de problemas en equipo.

Como culminación de la Fase 3 y para evaluar la capacidad de integración y aplicación de conocimientos en un proyecto más complejo, los grupos desarrollaron un 'semáforo inteligente'. La Tabla 3 presenta un resumen de los resultados obtenidos en este mini-proyecto, destacando los porcentajes de funcionalidad y cumplimiento de requisitos, así como la calificación promedio alcanzada.

**Tabla 3:** Resultados del Mini-Proyecto "Semáforo Inteligente"

Aspecto Evaluado	Porcentaje de Grupos con Éxito	Calificación Promedio (sobre 20)
Funcionalidad General	95%	17
Cumplimiento de Requisitos	95%	17

Los datos en la Tabla 3 evidencian la alta capacidad de los grupos para diseñar y programar soluciones funcionales y creativas, lo que es un indicativo robusto de la adquisición de habilidades avanzadas de resolución de problemas en equipo.

## Culminación de Proyectos Finales (Fase 4)

La fase culminante vio a todos los grupos de trabajo (100%) completar y presentar proyectos finales completamente funcionales. Estos proyectos son una prueba fehaciente de la aplicación integral de los conocimientos adquiridos:

◎Robots Móviles: Se observó una implementación exitosa de algoritmos de seguimiento de línea y evasión de obstáculos. Los robots controlados por Bluetooth respondieron adecuadamente a los comandos desde aplicaciones móviles.

◎Sistemas de Control: Los proyectos de vivero y domótica destacaron por la integración de múltiples sensores y actuadores, demostrando una lógica de control avanzada para riego automático, monitoreo ambiental y automatización de tareas (como apertura de puertas y control de luces). El sistema de estacionamiento gestionó eficazmente el acceso y el conteo de vehículos.

## Impacto y Habilidades Desarrolladas

### Feria de Ciencias (Fase 5)

La feria de ciencias fue recibida con gran beneplácito por la comunidad, lo que permitió a los estudiantes socializar sus logros y explicar el funcionamiento de sus proyectos a un público diverso. Se observó un alto grado de entusiasmo y orgullo por el trabajo realizado, lo que subraya el valor de la exposición pública de sus creaciones.

Además, la cobertura mediática (radio y televisión) potenció significativamente el impacto de la experiencia, llevando sus innovaciones a una audiencia aún más amplia.

### Percepción General y Habilidades Clave Desarrolladas

Aunque no se utilizaron instrumentos psicométricos formales, la observación directa de los docentes y la calidad de los productos finales sugieren un desarrollo positivo en áreas críticas:

◎Pensamiento Lógico y Algorítmico: Mejora notable en la capacidad de estructurar y resolver problemas complejos.

◎Habilidades de Resolución de Problemas: Demostración constante de creatividad y persistencia para superar desafíos técnicos.

◎Creatividad en el Diseño de Soluciones: Habilidad para idear y prototipar soluciones innovadoras a problemas reales.

◎Trabajo en Equipo y Comunicación: Fortalecimiento de la colaboración y la interacción efectiva entre compañeros.

◎Interés y Motivación hacia las Áreas STEAM: Un aumento evidente en el entusiasmo por la ciencia, la tecnología, la ingeniería, el arte y las matemáticas.

Estos resultados confirman que el programa no solo logró impartir conocimientos técnicos, sino que también fomentó habilidades esenciales para el desarrollo integral de los estudiantes.



Figura 2. Montaje final de robots con la codificación de bloque en la feria de ciencia.

Figura 2 nos transporta directamente a la Feria de Ciencias, mostrando el resultado palpable de meses de esfuerzo: un robot en su montaje final, listo para ser exhibido. Se destaca la codificación por bloques, una herramienta que facilitó a los estudiantes traducir sus ideas en acciones concretas para el robot. Esta imagen no solo representa un logro técnico, sino también la culminación

de un proceso creativo y de aprendizaje, donde cada conexión y cada línea de código fueron pensadas con dedicación.

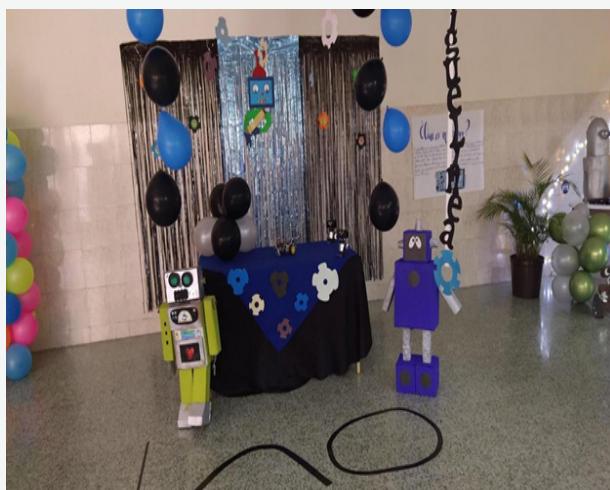


Figura 3: Feria de ciencia, pista del sigue línea.

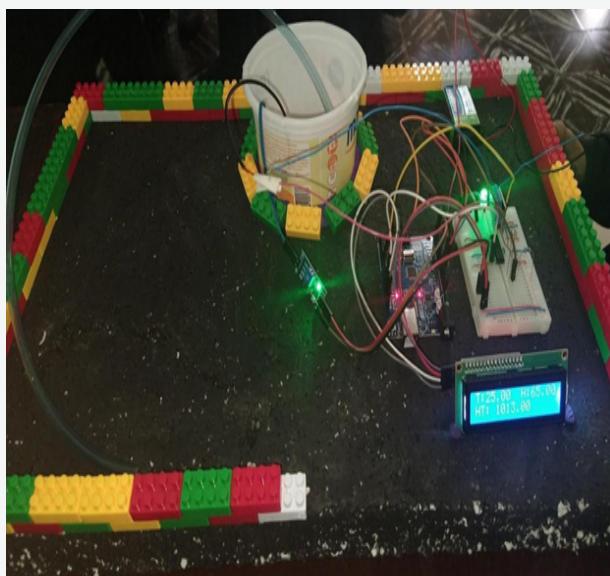


Figura 4 montaje de Control de Vivero.

El dinamismo de la Feria de Ciencias queda patente en la Figura 3, donde se observa la pista diseñada para el robot sigue líneas. Esta puesta en escena permitió a los estudiantes demostrar la funcionalidad de sus algoritmos en un entorno desafiante y real, generando gran interés entre los asistentes. Por otro lado, la Figura 4 nos muestra un ejemplo del ingenio aplicado: el montaje del sistema de control para un vivero.

Esta imagen ilustra cómo los conocimientos de robótica y electrónica pueden ser

aplicados para resolver problemas cotidianos, como la automatización del riego, y refleja la capacidad de los jóvenes para crear soluciones sostenibles y funcionales.

### Discusión de resultados:

Los resultados obtenidos en esta experiencia de robótica educativa STEAM son alentadores y se alinean con hallazgos de la literatura científica sobre los beneficios de estos enfoques.<sup>15,16</sup> El alto porcentaje de finalización de las actividades y proyectos sugiere que la combinación de programación visual con mBlock y la manipulación física de componentes con Arduino es una estrategia efectiva para mantener el compromiso de estudiantes adolescentes. La transición gradual de los estudiantes, desde la ejecución de tareas de programación abstractas y guiadas (como la animación inicial) hasta el desarrollo de juegos y, finalmente, la concepción de proyectos físicos de mayor complejidad, sugiere un andamiaje pedagógico óptimo.<sup>8</sup>

El 100% de éxito en la creación de juegos puede atribuirse al atractivo lúdico inherente a esta actividad, que a menudo incrementa la motivación intrínseca.<sup>18</sup>

La culminación de todos los proyectos finales es particularmente significativa. El enfoque de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) permitió a los estudiantes integrar conocimientos de diversas áreas (matemáticas para cálculos, física para movimiento, electrónica para circuitos, programación para control y arte para el diseño de maquetas) de una manera contextualizada y con un propósito claro.<sup>19</sup>

Esto contrasta con enfoques más tradicionales y fragmentados, y promueve una comprensión más profunda y transferible del conocimiento.

La feria de ciencias no solo sirvió como una instancia de evaluación, sino también como una poderosa herramienta de aprendizaje, fomentando habilidades de comunicación científica y la capacidad de explicar conceptos técnicos a audiencias diversas.

Este tipo de actividades puede reforzar la autoeficacia de los estudiantes en las áreas STEAM.<sup>20</sup>

La viabilidad de la implementación con recursos de bajo costo es un aspecto crucial, demostrando que experiencias educativas enriquecedoras en robótica no están necesariamente limitadas por presupuestos elevados.

Esto es especialmente relevante para la escalabilidad y replicabilidad de programas similares en otros contextos educativos.

**Limitaciones y Futuras Líneas de Trabajo:** Una limitación del presente estudio es

la ausencia de mediciones cuantitativas pre y post intervención para evaluar formalmente el desarrollo de habilidades específicas (por ejemplo, pensamiento computacional) o cambios actitudinales. Futuras implementaciones podrían incorporar instrumentos validados para este fin. Por otra parte, sería interesante explorar la diferenciación del aprendizaje según el género o los estilos de aprendizaje de los estudiantes. La experiencia acumulada servirá de base para el diseño curricular del nuevo bachillerato en ciencia y tecnología, donde se podría profundizar en temas más avanzados de robótica e inteligencia artificial.

## Conclusiones

La implementación de un programa de robótica educativa basado en la metodología STEAM, utilizando mBlock y Arduino, resultó ser una estrategia pedagógica altamente efectiva y motivadora para estudiantes de segundo año de bachillerato. Los estudiantes lograron desarrollar conocimientos fundamentales de programación por bloques, electrónica básica y el funcionamiento de la plataforma Arduino, aplicándolos exitosamente en la resolución de problemas y el desarrollo de proyectos tecnológicos.

El enfoque de Aprendizaje Basado en Proyectos fomenta la integración de conocimientos de diversas disciplinas y el desarrollo de competencias clave del siglo XXI, como el pensamiento computacional, la resolución de problemas, la creatividad y el trabajo en equipo. La feria de ciencias se consolidó como un espacio valioso para la socialización del conocimiento, la demostración de habilidades y el fomento de la vocación científica y tecnológica.

La experiencia demostró la viabilidad de implementar programas de robótica educativa significativos con una inversión optimizada en recursos, lo que facilita su replicabilidad. Este programa sienta bases sólidas para la integración formal y expandida de la robótica aplicada en el currículo del bachillerato en ciencia y tecnología, contribuyendo a la formación de futuros innovadores.

En este contexto, la implementación del programa de robótica educativa, sustentado en la metodología STEAM y el aprendizaje basado en proyectos, no solo ha confirmado su validez como enfoque pedagógico eficaz, sino que ha evidenciado su capacidad para transformar la enseñanza de la programación y la electrónica. Los resultados obtenidos en este estudio refuerzan la idea de que la integración disciplinar y la aplicación práctica son pilares fundamentales para el desarrollo de competencias esenciales y el fomento de una comprensión profunda y duradera en los estudiantes.

## Referencias

- 1.- Conradty C, Sotiriou S. The nature of STEAM education. En: STEAM Education: Theory and Practice. Springer; 2019. p. 1-15.
- 2.- González Fernández MO, Flores González YA, Muñoz López C. Panorama de la robótica educativa a favor del aprendizaje STEAM. Rev Eureka sobre Enseñanza y Divulgación

- Cienc. 2021 [Internet]. [Consultado 1 jun 2025]. Disponible en: <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/5827>.
- 3.- Santa Maria Santamaria KG, Povis Gamero ME, Colca Ccahuana GJ, Urcia Melendez VM. Metodología STEAM en el desarrollo de competencias científicas en la educación básica. S.E [Internet]. 20 de junio de 2022 [citado 4 de junio de 2025];. Disponible en: <http://www.sinergiaseducativas.mx/index.php/revista/article/view/206>
- 4.- Wing, Jeannette M. "Computational thinking." Communications of the ACM 49.3 (2006): 33-35 [Internet]. [Consultado 1 jun 2025] Disponible en: <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>
- 5.- Bers MU. *Blocks to robots: Learning with technology in the early childhood classroom*. New York: Teachers College Press; 2008. [Internet]. [Consultado 1 jun 2025]. Disponible en: [https://www.daneshnamehicsa.ir/userfiles/files/1/17-%20Blocks%20to%20Robots\\_%20Learning%20with%20Technology%20in%20the%20Early%20Childhood%20Classroom%20\(2007,%20Teachers%20College%20Press\).pdf](https://www.daneshnamehicsa.ir/userfiles/files/1/17-%20Blocks%20to%20Robots_%20Learning%20with%20Technology%20in%20the%20Early%20Childhood%20Classroom%20(2007,%20Teachers%20College%20Press).pdf)
- 6.- Chale J. El desafío de la enseñanza de robótica en las instituciones educativas. Rev Latinoam Comun Educ Hist. 2019. [Internet]. [Consultado 1 jun 2025]. Disponible en: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/comedhi/article/download/34290/37499/133541>
- 7.- Papert S. *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. New York: Basic Books; 1980.
- 8.- Atmatzidou S, Demetriadis S. Advancing students' computational thinking skills through educational robotics: A study on age and gender relevant differences. 2013. [Internet]. [Consultado 1 jun 2025] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921890150024201> Robotics and Autonomous Systems.2 2016;75(B):661-70. doi: 10.1016/j.robot.2015.10.008
- 9.- Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado (INTEF). Pensamiento computacional, programación y robótica educativa en el currículo LOMLOE. Madrid: Ministerio de Educación y Formación Profesional. [Internet]. [Consultado 1 jun 2025]. Disponible en: [https://intef.es/wp-content/uploads/2022/12/Pensamiento\\_computacional\\_programación\\_robótica.pdf](https://intef.es/wp-content/uploads/2022/12/Pensamiento_computacional_programación_robótica.pdf)
- 10.- Thomas JW. A review of research on project-based learning. San Rafael, CA: Autodesk Foundation; 2000. [Internet]. [Consultado 1 jun 2025]. Disponible en: [https://tecfa.unige.ch/proj/eteach-net/Thomas\\_researchreview\\_PBL.pdf](https://tecfa.unige.ch/proj/eteach-net/Thomas_researchreview_PBL.pdf)
- 11.- Banzi M. *Getting Started with Arduino*. 1st ed. Sebastopol, CA: O'Reilly Media/Maker Media; 2011. [Internet]. [Consultado 1 jun 2025]. Disponible en: <https://www.sarcnet.org/files/Getting%20Started%20With%20Arduino.pdf>
- 12.- Resnick M, Maloney J, Monroy-Hernández A, Rusk N, Eastmond E, Brennan K, et al. Scratch: Programming for all. Commun ACM. 2009. [Internet]. [Consultado 1 jun 2025]. Disponible en: <https://dl.acm.org/doi/fullHtml/10.1145/1592761.1592779>
- 13.- Sinergias Educativas. 2021;6(Especial):1-17. [Internet]. [Consultado 1 jun 2025]. Disponible en: [Se requiere URL específica del artículo]
- 14.- Papert S, Harel I. *Constructionism*. Norwood, NJ: Ablex Publishing Corporation; 1991.

- 15.- Alimisis D. Educational robotics: Open-ended and problem-solving activities. *Themes in Science and Technology Education*. 2013. [Internet]. [Consultado 1 jun 2025]. Disponible en: [http://ouranos.edu.uoi.gr/theSTE/index.php/theSTE/article/view/119](http://ouranos.edu.uoi.gr/theсте/index.php/theсте/article/view/119)
- 16.- Benitti FBV. Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. *Computers & Education*. 2012. [Internet]. [Consultado 1 jun 2025]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360131511002508>
- 17.- Bruner JS. The role of dialogue in language acquisition. En: Sinclair A, Jarvella RJ, Levelt WJM, editores. *The child's conception of language*. New York: Springer-Verlag; 1978. p. 241-56.
- 18.- Malone TW. Toward a theory of intrinsically motivating instruction. *Cognitive Science*. 1981. [Internet]. [Consultado 1 jun 2025] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0364021381800171>
- 19.- Blumenfeld, Phyllis C., Elliot Soloway, Ronald W. Marx, Joseph S. Krajcik, Mark Guzdial, and Annemarie Palincsar. "Motivating Project-Based Learning: Sustaining the Doing, Supporting the Learning." *Educational Psychologist* 1991. [Internet]. [Consultado 1 jun 2025] <https://doi.org/10.1080/00461520.1991.9653139>
- 20.- Bandura A. *Self-efficacy: The exercise of control*. New York: W.H. Freeman; 1997. [Internet]. [Consultado 1 jun 2025]. Disponible en: <https://www.proquest.com/openview/0757cc9050cfe8b5f86015f50084a4ca/1?pq-origsite=gscholar&cbl=28723>

# VALIDACIÓN DE UN MODELO PEDAGÓGICO PARA LA ENSEÑANZA DE IOT EN EDUCACIÓN MEDIA: SCRUM, PROGRAMACIÓN VISUAL Y HARDWARE DE BAJO COSTO

## VALIDATION OF A PEDAGOGICAL MODEL FOR TEACHING IOT IN SECONDARY EDUCATION: SCRUM, VISUAL PROGRAMMING AND LOW-COST HARDWARE

**José Hernán Ramírez Ramírez.**

Profesor invitado de Robótica Aplicada. Colegio Sagrada Familia  
Mérida- Venezuela. 5101  
hernan.ramirez@gmail.com

**Recibido:** 11-08-2025

**Aceptado:** 12-10-2025

### RESUMEN

Este artículo describe la implementación y validación pedagógica de una arquitectura distribuida robusta basada en MQTT y ESP32, diseñada específicamente para proyectos de investigación de Internet de las Cosas (IoT) en la Educación Media General. Para la gestión del proyecto, se adaptó la metodología ágil Scrum, la cual resultó fundamental para guiar a los estudiantes y fomentar la colaboración efectiva. El trabajo culminó con el desarrollo exitoso de tres proyectos principales y un proyecto piloto, empleando programación visual (Kodular) y un broker.

La validación se realizó mediante la triangulación de datos (cualitativos y cuantitativos) a partir de: una encuesta Likert de 5 puntos, métricas técnicas y observaciones del profesor. Los resultados confirmaron tanto la viabilidad técnica de la arquitectura como su impacto pedagógico. A través de encuestas y retroalimentación, se validó que la adopción de Scrum fue crucial para incrementar la motivación de los estudiantes (92%), mejorar la comunicación (83%) y desarrollar habilidades de resolución de problemas (83%).

Estos hallazgos demuestran que este modelo no solo facilita la asimilación de conceptos técnicos complejos, sino que también equipa a los estudiantes con habilidades blandas esenciales para el trabajo en equipo, transformando el aula en un entorno de aprendizaje dinámico y efectivo.

**Palabras clave:** Domótica, ESP32, IoT, MQTT, Programación Visual, Metodología Ágil, Scrum.

**José Hernán Ramírez Ramírez:** Doctor en Ecología del Desarrollo Humano, Sub área: Ingeniería de Software. Universidad Politécnica Territorial de Mérida "Kleber Ramírez" (UPTMKR). Maestría en Educación mención Informática y Diseño Instruccional Universidad de los Andes (ULA). Licenciado en Computación Tecana American University (TAU), USA. Técnico Superior en Informática IUFROnt Merida-Venezuela

# VALIDACIÓN DE UN MODELO PEDAGÓGICO PARA LA ENSEÑANZA DE IOT EN EDUCACIÓN MEDIA: SCRUM, PROGRAMACIÓN VISUAL Y HARDWARE DE BAJO COSTO

## VALIDATION OF A PEDAGOGICAL MODEL FOR TEACHING IOT IN SECONDARY EDUCATION: SCRUM, VISUAL PROGRAMMING AND LOW-COST HARDWARE

**José Hernán Ramírez Ramírez.**

Profesor invitado de Robótica Aplicada. Colegio Sagrada Familia  
Mérida- Venezuela. 5101  
hernan.ramirez@gmail.com

**Recibido:** 11-08-2025

**Aceptado:** 12-10-2025

### ABSTRACT

This article describes the implementation and pedagogical validation of a robust distributed architecture based on MQTT and ESP32, specifically designed for Internet of Things (IoT) research projects in General Secondary Education. For project management, the Scrum agile methodology was adapted, which proved essential for guiding students and fostering effective collaboration. The work culminated in the successful development of three main projects and one pilot project, using visual programming (Kodular) and a broker.

The validation was carried out through data triangulation (qualitative and quantitative) based on: a 5-point Likert survey, technical metrics, and teacher observations. The results confirm both the technical viability of the architecture and its pedagogical impact. Through surveys and qualitative feedback, it was validated that the adoption of Scrum was crucial for: increasing student motivation (92%), improving communication (83%), and developing problem-solving skills (83%).

These findings demonstrate that this model not only facilitates the assimilation of complex technical concepts but also equips students with essential soft skills for teamwork, transforming the classroom into a dynamic and effective learning environment.

**Key words:** Domotics, ESP32, IoT, MQTT, Visual Programming, Agile Methodology, Scrum.

**José Hernán Ramírez Ramírez:** Doctor en Ecología del Desarrollo Humano, Sub área: Ingeniería de Software. Universidad Politécnica Territorial de Mérida "Kleber Ramírez" (UPTMKR). Maestría en Educación mención Informática y Diseño Instruccional Universidad de los Andes (ULA). Licenciado en Computación Tecana American University (TAU), USA. Técnico Superior en Informática IUFROnt Merida-Venezuela

## Introducción

El Internet de las Cosas (IoT) ha emergido como un paradigma transformador en la sociedad contemporánea, fundamentado en la interconexión de objetos y la gestión eficiente de la información.<sup>1</sup> Este avance permite a los dispositivos cotidianos enviar y recibir datos para automatizar tareas y optimizar procesos, siendo la domótica (automatización del hogar) un campo clave que mejora el confort, la seguridad y la eficiencia energética en los espacios habitacionales.<sup>2</sup>

Este artículo aborda la necesidad de introducir estos conceptos avanzados en la Educación Media General mediante el desarrollo y la validación de una arquitectura distribuida. Esta arquitectura aprovecha el protocolo MQTT (Message Queue Telemetry Transport), el cual, a diferencia de las arquitecturas cliente-servidor tradicionales que pueden generar cuellos de botella,<sup>3</sup> ofrece una solución escalable, flexible y basada en eventos.<sup>4</sup> Para garantizar la accesibilidad técnica y económica del modelo, la implementación se basa en microcontroladores de bajo costo como el ESP32<sup>5</sup> y plataformas de programación visual como Kodular.<sup>6,7</sup>

La iniciativa del Colegio Sagrada Familia persigue un doble objetivo pedagógico: primero, sumergir a los estudiantes en la práctica de la ingeniería de sistemas distribuidos; y segundo, cimentar las bases para su desarrollo académico y la selección de futuras carreras universitarias. La selección de MQTT, ESP32 y programación visual no es arbitraria; estas herramientas, por su naturaleza ligera, económica e intuitiva, reducen significativamente la barrera de entrada, permitiendo a los estudiantes de este nivel abordar sistemas IoT complejos de manera efectiva.

Una contribución fundamental de este trabajo es la introducción y validación de la metodología ágil Scrum para la gestión de estos proyectos educativos. Scrum proporciona un marco estructurado que facilita la gestión de tareas de aprendizaje a largo plazo y promueve la colaboración

efectiva en el aula.<sup>8</sup> La combinación de una arquitectura técnica accesible con un marco de gestión riguroso como Scrum establece un modelo replicable para otras instituciones que busquen integrar conceptos tecnológicos avanzados en la educación secundaria, fomentando la innovación y habilidades blandas esenciales.

Este estudio valida el modelo mediante la triangulación de datos cualitativos (observaciones del profesor) y cuantitativos (encuestas y métricas técnicas), asegurando un análisis robusto.

En el contexto venezolano, este modelo busca democratizar el acceso a tecnologías avanzadas en la Educación Media General, fomentando habilidades técnicas y blandas

Esta sección proporciona el fundamento teórico de los componentes técnicos y los conceptos subyacentes a la arquitectura propuesta y la metodología de desarrollo.

## Internet de las Cosas (IoT) y Domótica

El Internet de las Cosas (IoT) se define como una red de dispositivos físicos, vehículos, electrodomésticos y otros elementos equipados con sensores, software y conectividad, que les permite intercambiar datos a través de internet.<sup>1</sup> Su núcleo es la comunicación Máquina-a-Máquina (M2M, por sus siglas en inglés: Machine to Machine), que posibilita la colaboración entre dispositivos sin intervención humana directa. La domótica, por su parte, es el conjunto de tecnologías aplicadas al control y la automatización inteligente de la vivienda.<sup>2</sup> Al integrar IoT, la domótica se potencia, permitiendo la gestión remota y programación autónoma de sistemas de iluminación, climatización, seguridad y electrodomésticos, adaptándose a las necesidades del usuario.

La arquitectura de un sistema IoT se describe comúnmente mediante un modelo de tres capas: el Dominio de Sensores (o capa de percepción), encargado de la recolección de datos; el Dominio de Red (o capa de red), responsable de la transmisión de información; y el Dominio de Aplicación (o

capa de aplicación), que procesa los datos y proporciona servicios al usuario final.<sup>1,2</sup>

## Protocolo MQTT y Principios de Sistemas Distribuidos

MQTT (Message Queue Telemetry Transport) es un protocolo de mensajería asíncrona diseñado para ser extremadamente ligero y flexible, idóneo para dispositivos con recursos computacionales limitados y redes con ancho de banda restringido, características comunes en sistemas IoT.<sup>4</sup>

Opera sobre TCP/IP y sigue un modelo de publicación/suscripción. En este modelo, la comunicación no es directa entre los dispositivos (clientes), sino mediada por un componente central llamado broker. Los clientes que envían información (publicadores) la difunden en un canal específico, denominado tópico. Los clientes interesados en recibir esa información (suscriptores) se suscriben a dicho tópico. El broker se encarga de recibir los mensajes de los publicadores y reenviarlos a todos los suscriptores correspondientes.<sup>3</sup>

Esta estructura de comunicación tipo estrella, con el broker como punto central, permite que los sistemas sean no bloqueantes y desacoplados. El desacoplamiento implica que los publicadores no necesitan conocer la identidad ni el estado de los suscriptores, y viceversa. Además, el uso de topics jerárquicos (ej. hogar/sala/temperatura) facilita la organización lógica de la comunicación y la escalabilidad eficiente del sistema. Al ser un estándar de código abierto, reduce significativamente los costos de implementación.<sup>4</sup>

Un sistema distribuido es una colección de computadoras autónomas conectadas a través de una red que colaboran para realizar una tarea, presentándose ante el usuario como un único sistema coherente.<sup>9</sup>

Los principales objetivos de un sistema distribuido son la transparencia (ocultar la complejidad de la distribución al usuario) y la escalabilidad (capacidad de crecimiento sin pérdida de rendimiento).<sup>10</sup> El modelo de publicación-suscripción de MQTT aborda

directamente varios desafíos de los sistemas distribuidos, al lograr un desacoplamiento referencial (los componentes no se conocen entre sí) y temporal (no necesitan estar activos al mismo tiempo), lo cual es fundamental para construir sistemas distribuidos resilientes y escalables.<sup>3,10</sup>

## Programación Visual (VPL) en Entornos Educativos

La Programación por Lenguajes Visuales (VPL, por sus siglas en inglés) es un paradigma donde el desarrollo de software se realiza mediante la manipulación de elementos gráficos (como bloques o iconos) en lugar de escribir código textual.<sup>6</sup>

Estas herramientas están diseñadas para ser intuitivas y fáciles de comprender, reduciendo la curva de aprendizaje para programadores novatos. Plataformas como Scratch, MakeCode, ArduinoBlocks y App Inventor (o sus derivados como Kodular) son ejemplos destacados. Sus ventajas en el ámbito educativo son notables: facilitan la implementación de lógica compleja, ayudan a desarrollar el pensamiento algorítmico y aumentan el interés y la motivación de los estudiantes por la informática y la ingeniería.<sup>6</sup> En este proyecto, se utilizaron VPL como Kodular para que los estudiantes diseñaran y programaran aplicaciones móviles de control de forma rápida y visual, enfocándose en la lógica del sistema en lugar de la sintaxis de un lenguaje de programación tradicional.

## Componentes Hardware (ESP32) y Aplicaciones Móviles para IoT

Para la implementación física de los proyectos, se seleccionó el microcontrolador ESP32, un sistema en un chip (SoC) de bajo costo que integra un potente microprocesador de doble núcleo con conectividad WiFi y Bluetooth, ideal para el desarrollo de sistemas IoT.<sup>5</sup> A estas placas se conectan diversos sensores para capturar datos del entorno, como sensores de temperatura y humedad (DHT22), de pH y turbidez para líquidos, de humedad del suelo, ultrasónicos (HC-SR04) y cámaras para registro fotográfico. Para interactuar con el

entorno, se utilizan actuadores como relés (para controlar dispositivos de corriente alterna), servomotores (para controlar aletas o compuertas), LEDs y pantallas LCD.

Los teléfonos inteligentes se han consolidado como la interfaz de usuario por excelencia para los sistemas domóticos. A través de aplicaciones móviles, el usuario puede monitorear el estado de su hogar y enviar comandos a los dispositivos.<sup>7</sup>

Estas aplicaciones pueden desarrollarse con entornos nativos o, de manera más accesible para principiantes, mediante herramientas VPL como App Inventor o Kodular. La comunicación entre la aplicación móvil y los dispositivos IoT se realiza a través del broker MQTT. La aplicación se suscribe a los topics relevantes para recibir datos en tiempo real de los sensores y publica mensajes en otros topics para enviar comandos, como activar un dispensador o encender una bomba de riego.<sup>7</sup>

La combinación del protocolo MQTT, el microcontrolador ESP32 y la simplicidad de la programación visual (Kodular) genera un efecto sinérgico que reduce significativamente la barrera técnica para que los estudiantes de Educación Media General implementen sistemas IoT distribuidos complejos.

Cada componente es accesible, pero su integración permite a los estudiantes concentrarse en la lógica y aplicación del IoT, en lugar de complejidades de bajo nivel de red, programación embebida o desarrollo de interfaces de usuario tradicionales. Este conjunto tecnológico integrado (ESP32-MQTT-Kodular) representa una herramienta pedagógica eficaz para la educación práctica en IoT, con potencial de escalabilidad a otros niveles educativos o programas de formación profesional.

## Métodos y Materiales

La implementación de los proyectos se llevó a cabo siguiendo una metodología rigurosa que integró un diseño de arquitectura distribuida con un enfoque ágil de gestión de proyectos, específicamente Scrum.

## Diseño de la Arquitectura Distribuida

La arquitectura distribuida se fundamentó en el uso del microcontrolador ESP32 como cliente MQTT, un broker central MQTT (CristalML) y aplicaciones móviles desarrolladas con Kodular para la interfaz de usuario y el control. El flujo de datos se estableció así: los datos recolectados por los sensores se envían desde el ESP32 (publicador MQTT) al broker CristalML; desde allí, el broker reenvía los mensajes a la aplicación Kodular (suscriptor MQTT), donde los estudiantes diseñaron interfaces para visualizar los datos en tiempo real. Inversamente, los comandos del usuario desde la aplicación Kodular se publican en tópicos específicos en el broker, y el ESP32 (suscriptor) recibe estos comandos para activar los actuadores correspondientes.

Esta naturaleza desacoplada de la comunicación, mediada por el broker, permitió un desarrollo modular y paralelo de los componentes de hardware y software.

## Proceso de Desarrollo de Proyectos con Enfoque Ágil (Scrum)

La metodología Scrum, originada en el desarrollo de software,<sup>11</sup> fue adaptada para la gestión de estos proyectos educativos de IoT, que involucran tanto hardware como software. Este enfoque se seleccionó por su idoneidad para el prototipado rápido y el desarrollo iterativo,<sup>12</sup> así como por su capacidad para gestionar tareas de aprendizaje a largo plazo y fomentar la colaboración en un entorno de aula.<sup>8</sup>

## Adaptación del Marco Scrum para Proyectos Educativos de Educación Media General

Aunque se adhirió a los principios fundamentales de la Guía Scrum oficial,<sup>11</sup> el marco se ajustó al contexto de Educación Media General:

### • Roles:

- Product Owner: El profesor/mentor asumió este rol, definiendo la visión general del proyecto y priorizando las funcionalidades.

•Developers: Los estudiantes formaron equipos autoorganizados, responsables de todas las tareas de desarrollo.

•Scrum Master: El profesor/mentor también actuó como Scrum Master, facilitando el proceso, eliminando impedimentos y asegurando la adhesión a los principios de Scrum.

#### ◎Eventos:

•Sprint Planning: Al inicio de cada sprint (períodos de trabajo fijos, por ejemplo, de 1 a 2 semanas), los estudiantes y el profesor definían los "objetivos del sprint", que eran tareas más pequeñas derivadas del objetivo general del proyecto.<sup>8</sup>

•Daily Scrum: Se realizaban reuniones diarias cortas (5-8 minutos) donde cada equipo de estudiantes revisaba el progreso ("Hecho", "En Progreso", "Por Hacer"), identificaba impedimentos y planificaba las tareas del día.<sup>8</sup> Estas reuniones fomentaron la comunicación y la transparencia, permitiendo la detección temprana de problemas y la asignación equitativa de la carga de trabajo. La naturaleza estructurada pero flexible de Scrum, con su énfasis en las reuniones diarias y las revisiones de sprint, abordó directamente desafíos comunes en proyectos grupales estudiantiles, como la distribución desigual de la carga de trabajo, la falta de rendición de cuentas y la identificación tardía de obstáculos. Este ciclo de retroalimentación constante y de corta duración, inherente a Scrum, impulsó la resolución inmediata de problemas y promovió la responsabilidad compartida.

•Sprint Review: Al final de cada sprint, los equipos demostraban su "producto funcional" (un incremento de hardware/software operativo) a sus compañeros y al profesor.<sup>13</sup>

•Sprint Retrospective: Los equipos reflexionaban sobre lo que funcionó bien, lo que podría mejorarse y cómo optimizar la colaboración.<sup>12</sup>

#### ◎Artefactos:

•Product Backlog: Una lista priorizada de funcionalidades para el proyecto completo, mantenida por el Product Owner (profesor/mentor).

•Sprint Backlog: Tareas seleccionadas del Product Backlog para el sprint actual, desglosadas en elementos más pequeños y manejables por los estudiantes.<sup>8</sup> Se utilizó un tablero físico y/o digital para visualizar el progreso.

•Incremento: El "producto funcional" entregado al final de cada sprint.<sup>13</sup> Para los proyectos IoT, esto significaba un componente funcional de hardware y software, como una lectura de sensor o un control de actuador.

### Integración de Hardware y Software en el Ciclo de Desarrollo Ágil

La naturaleza iterativa de Scrum demostró ser particularmente adecuada para fusionar el desarrollo de hardware y software en el contexto de IoT.<sup>12</sup> Se enfatizó el "Desarrollo Guiado por Pruebas y Datos" y la importancia de los prototipos para validar suposiciones en etapas tempranas.<sup>13</sup> La modularidad en el diseño del hardware (por ejemplo, módulos separados para sensores y actuadores) facilitó el desarrollo paralelo y la integración continua dentro de los sprints.<sup>13</sup>

La implementación de Scrum en este contexto educativo no solo facilitó la culminación de los proyectos, sino que también cultivó habilidades blandas esenciales, como la comunicación, la colaboración, la resolución de problemas y la adaptabilidad.

Estas habilidades son altamente valoradas tanto en el ámbito académico como en las carreras STEM profesionales, transformando la metodología en una experiencia de aprendizaje holística.

### Recolección y Análisis de Datos

El proceso de recolección de datos se diseñó para obtener una validación robusta a través de la triangulación metodológica, combinando enfoques cualitativos y cuantitativos.

## Métodos Cualitativos

Se empleó la observación participante no estructurada por parte del profesor/Scrum Master durante los eventos fundamentales de Scrum: las reuniones diarias (Daily Scrum), la Revisión de Sprints y las Retrospectivas. El objetivo fue registrar la dinámica de equipo, la evolución en la articulación y resolución de problemas técnicos, la colaboración, y la gestión autónoma del proyecto.

El registro de la observación se realizó a través de un cuaderno de notas o bitácora de observación, capturando narrativas descriptivas de las interacciones grupales, los diálogos sobre decisiones técnicas y las respuestas emocionales ante los desafíos.

La atención se centró en los siguientes artefactos y elementos de Scrum:

⦿ Manejo del Product Backlog y Sprint Backlog: Observación de cómo los estudiantes priorizaban tareas, descomponían funcionalidades complejas (por ejemplo, definir la arquitectura distribuida vs. programar un sensor) y estimaban el esfuerzo.

⦿ Corrección de Errores y Troubleshooting: Seguimiento de los procesos internos de los equipos para diagnosticar fallas, evaluar la causa raíz (si era un problema de hardware, firmware o la red MQTT), y la evolución hacia soluciones independientes.

⦿ Roles y Responsabilidades: Registro de cómo el profesor/Scrum Master facilitaba, removía impedimentos y guiaba la autogestión, en lugar de proporcionar soluciones directas. Por ejemplo, en lugar de corregir un fallo de conexión MQTT, el profesor preguntaba: "¿Qué parte del sistema (ESP32, red, o broker) está fallando y cómo lo verificarían?", forzando a los equipos a aplicar el conocimiento de arquitectura distribuida para la solución. También se registraron ejemplos de mediación cuando surgían conflictos por la distribución desigual de la carga de trabajo, promoviendo la responsabilidad compartida.

Las observaciones fueron codificadas

manualmente por el profesor mediante un enfoque temático. El análisis identificó patrones clave como una mayor colaboración en equipo, aumento de la autonomía y resolución efectiva de problemas técnicos, proporcionando patrones recurrentes de aprendizaje, motivación y desarrollo de habilidades blandas, esenciales para el éxito del modelo pedagógico.

## Instrumento de Percepción Estudiantil (Evaluación Cuantitativa)

El principal instrumento cuantitativo utilizado fue la Encuesta de Percepción de la Metodología, administrada a los 12 estudiantes que participaron en los proyectos piloto y demostrativos, después de completar al menos un ciclo completo de Sprint. El instrumento busca cuantificar la percepción del estudiante respecto al impacto de la metodología ágil y el enfoque práctico en su aprendizaje y desarrollo de habilidades blandas.

Título del Instrumento: Encuesta de Percepción de la Metodología Ágil (Scrum) en Proyectos de IoT. Instrucciones: Por favor, marque con una 'X' la opción que mejor refleje su nivel de acuerdo con cada una de las siguientes afirmaciones, considerando su experiencia durante el desarrollo de los proyectos de IoT.

**Tabla 1:** Escala de Respuesta (Escala Likert de 5 Puntos):

Opción	Descripción
1	Muy en Desacuerdo (MED)
2	En Desacuerdo (ED)
3	Neutral (N)
4	De Acuerdo (DA)
5	Muy de Acuerdo (MDA)

**Tabla 2:** Cuestionario:

Nº	Pregunta	MED (1)	ED (2)	N (3)	DA (4)	MDA (5)
1	La metodología Scrum facilitó la organización y el avance de las tareas en equipo.					
2	Las reuniones diarias (Daily Scrum) ayudaron a mejorar la comunicación y a resolver problemas rápidamente.					
3	La entrega de un "producto funcional" al final de cada sprint fue motivadora.					
4	La metodología Scrum fomentó el desarrollo de habilidades de resolución de problemas.					
5	Me sentí más motivado con este enfoque práctico que con los métodos de enseñanza tradicionales.					

La encuesta Likert de 5 puntos incluyó preguntas como 'La metodología Scrum aumentó mi motivación para trabajar en el proyecto y Las reuniones diarias mejoraron mi capacidad de comunicación con el equipo (ver la Tabla 2 del instrumento completo).

Nota: Los resultados de esta encuesta, consolidando las categorías De Acuerdo y Muy de Acuerdo, se presentan en la Sección 4 (Resultados) y son los que alimentan la Tabla de Encuestas.

### Triangulación de Datos

Para ir más allá de los porcentajes y construir un argumento sólido, se empleó la triangulación metodológica. Esta estrategia fue crucial para asegurar la validez interna del estudio, especialmente dada la naturaleza de muestra pequeña ( $N=12$ ), permitiendo que la evidencia se respalde mutuamente. El proceso consistió en el cruce sistemático de tres tipos de lentes de observación:

**1. El Lente de la Percepción (Datos Cuantitativos):** La voz de los estudiantes a través de la encuesta Likert (3.3.2). Esta fuente estableció qué tan motivados se sintieron o si percibieron una mejor comunicación (satisfacción subjetiva).

**2. El Lente del Proceso (Datos Cualitativos):** La bitácora del profesor/Scrum Master (3.3.1), que sirvió como un registro de la realidad en el aula. Esta fuente respondió al por qué y al cómo de los cambios: ¿Se observó realmente el aumento de la colaboración o solo se reportó?

**3. El Lente Objetivo (Métricas de Rendimiento):** Las tasas de finalización de sprints y la latencia MQTT, que proporcionaron hechos medibles sobre la eficiencia técnica y de gestión.

La convergencia de estos tres lentes permitió validar cada hallazgo. Por ejemplo, si un equipo reportó una alta motivación (Fuente 1), verificamos que este sentimiento se tradujera en una mayor autonomía en la resolución de problemas (Fuente 2) y, finalmente, en una alta tasa de sprints completados (Fuente 3).

De esta manera, cada resultado se soporta en una prueba triple: lo que el estudiante sintió, lo que el profesor observó y lo que el sistema técnico confirmó, otorgando una validación robusta y multifacética a la propuesta IoT-Scrum.

### Resultados

La validación de la arquitectura distribuida

**Tabla 3:** Resultados de la Encuesta de Percepción de Estudiantes sobre la Metodología Scrum (Porcentaje de Acuerdo)

Pregunta (Escala Likert: Acuerdo Total o Parcial)	Porcentaje de Acuerdo
La metodología Scrum facilitó la organización y el avance de las tareas en equipo.	92%
Las reuniones diarias (Daily Scrum) ayudaron a mejorar la comunicación y a resolver problemas rápidamente.	83%
La entrega de un "producto funcional" al final de cada sprint fue motivadora.	92%
La metodología Scrum fomentó el desarrollo de habilidades de resolución de problemas.	83%
Me sentí más motivado con este enfoque práctico que con los métodos de enseñanza tradicionales.	92%
<i>Leyenda: Muestra de 12 estudiantes. Los porcentajes combinan respuestas "Muy de Acuerdo" y "De Acuerdo".</i>	

y la metodología Scrum se demostró a través del desarrollo exitoso de un proyecto piloto y tres proyectos de investigación más complejos, todos completados por estudiantes de Educación Media General.

### Evaluación del Aprendizaje y la Metodología

Los resultados de la evaluación pedagógica y técnica se presentan a continuación, divididos en hallazgos cuantitativos y su validación cualitativa, demostrando el impacto del enfoque IoT-Scrum.

### Resultados Cuantitativos

Los resultados de la encuesta de percepción aplicada a los 12 estudiantes y las métricas de desempeño técnico y de gestión, presentados en la Tabla 3 y la Tabla 4, demuestran una alta percepción positiva y una alta eficiencia de gestión de proyectos.

La Tasa de Finalización de Sprints del 88%

demuestra la efectividad de la planificación y el flujo de trabajo ágil. El bajo Número Promedio de Iteraciones (1.6) necesarias para resolver un problema crítico indica una curva de aprendizaje rápida en el diagnóstico y la corrección de errores de la arquitectura distribuida. La latencia promedio del sistema distribuido se mantuvo en 195 ms, asegurando una experiencia de usuario fluida, lo cual valida la programación visual como una herramienta eficiente para el troubleshooting.



Figura 1: Distribución Porcentual de Percepciones de los Estudiantes.

**Tabla 4:** Métricas de Desempeño Cuantitativo de Proyectos y Viabilidad Técnica

Métrica	Proyecto 1: Domótica Básica	Proyecto 2: Gestión de Riego	Proyecto 3: Monitoreo Ambiental	Promedio General
<b>Tasa de Finalización de Sprints</b> (% de tareas completadas a tiempo)	88%	85%	91%	<b>88%</b>
<b>Tiempo de Respuesta (Latencia) Promedio MQTT (ms)</b>		210 ms	190 ms	195 ms
<b>Número Promedio de Iteraciones para Resolver Fallo Crítico</b> (por Sprint)	1.5	1.8	1.4	<b>1.6</b>

*Leyenda: Las métricas técnicas validan la estabilidad de la arquitectura distribuida (MQTT/ESP32) y la eficiencia de la gestión ágil.*

La Figura 1, basada en la Tabla 1, muestra la distribución porcentual de los estudiantes que estuvieron "Muy de Acuerdo" o "De Acuerdo" con el impacto de la metodología. Se observa que el 92% de los estudiantes reportó mayor motivación y facilidad en la organización de tareas, destacando la aceptación del enfoque ágil. El 83% de acuerdo en el desarrollo de habilidades de comunicación y resolución de problemas es un hallazgo clave, sustentando la efectividad pedagógica del modelo.

## Resultados Cualitativos

Los datos cualitativos se complementan y se validan mediante el análisis temático de la bitácora de observación del profesor/Scrum Master (3.3.1), proporcionando un análisis de las dinámicas en el aula. Los hallazgos se estructuraron en torno a los patrones recurrentes de aprendizaje, gestión del Backlog y resolución de errores que se identificaron durante los sprints.

④ Aumento de la Autonomía y Metacognición: Inicialmente, los equipos mostraron una gran dependencia del profesor, especialmente en la definición del Product

Backlog y el diagnóstico de errores. Sin embargo, gracias al rol de facilitador del profesor y a la técnica de guía basada en preguntas (3.3.1), se observó que, para el tercer sprint, el 75% de los equipos lograban resolver problemas técnicos de manera independiente (por ejemplo, recalibrar un sensor DHT22 o identificar la causa de un fallo de conexión MQTT). La observación participante registró este cambio en la metacognición. Un estudiante reflejó esta evolución: "Las reuniones diarias me ayudaron a organizarme mejor, a entender que esto no es como una tarea que se entrega al mes, sino un proceso de mejora continua." (Comentario de estudiante).

④ Mejora Significativa en la Colaboración y Comunicación: La implementación obligatoria de los Daily Scrums forzó la comunicación diaria. El profesor registró en la bitácora un cambio progresivo de discusiones superficiales a debates técnicos profundos sobre la arquitectura distribuida y el manejo del Sprint Backlog. Esta evidencia conductual corrobora el 83% de los estudiantes que reportaron una mejor comunicación en la encuesta (Tabla 1). Por ejemplo, se observó a un equipo debatiendo

si la latencia del sensor se debía a un problema de código (firmware en el ESP32) o a un cuello de botella en el broker MQTT, demostrando una comprensión holística del sistema distribuido.

④ **Resolución Efectiva de Problemas Técnicos (Troubleshooting):** El patrón temático más fuerte se centró en la capacidad de troubleshooting. La bitácora indica que, al ser guiados, los estudiantes aplicaban el conocimiento de la arquitectura distribuida (capas de red, publicación/suscripción MQTT) para diagnosticar fallas. La observación participante mostró cómo los equipos pasaron de la frustración a la aplicación de pasos lógicos (ej. "Primero verificamos si el ESP32 está publicando algo en el topic 'sensor/temperatura' antes de revisar la aplicación Kodular"), lo que llevó a una reducción en la necesidad de intervención directa del docente. Estos hallazgos cualitativos complementan la métrica objetiva de 1.6 iteraciones promedio necesarias para resolver impedimentos críticos (Tabla 2), demostrando que la eficiencia de gestión fue correlacionada con la mejora de las habilidades blandas.

## Discusión

Los resultados obtenidos validan la propuesta de integrar una arquitectura distribuida (MQTT/ESP32) con una metodología ágil (Scrum) en el contexto de la enseñanza de IoT a nivel de Educación Media General.

La viabilidad técnica de la arquitectura queda confirmada por las métricas de rendimiento. El tiempo de respuesta promedio de MQTT de (Tabla 4) demuestra que la latencia del sistema es adecuada para la mayoría de las aplicaciones de IoT en entornos educativos, superando los requerimientos de interacción en tiempo real típicos de proyectos pedagógicos. Esta estabilidad subraya que el broker CristalML y los microcontroladores ESP32 son herramientas robustas y accesibles para replicar sistemas distribuidos a bajo costo.

Desde la perspectiva pedagógica, los hallazgos cuantitativos de la encuesta (Tabla

3) son altamente positivos, con un 92% de motivación y un 83% en comunicación y resolución de problemas. Esta alta percepción se correlaciona fuertemente con la eficiencia de gestión, evidenciada por la Tasa de Finalización de Sprints del 88% (Tabla 4). Este alineamiento entre la percepción positiva y el alto rendimiento objetivo sugiere que Scrum no solo mejora la experiencia, sino que es un impulsor efectivo de la productividad en proyectos tecnológicos.

La triangulación de datos es crucial para interpretar estos resultados. La observación del profesor (4.1.2) sobre el aumento de la autonomía estudiantil, donde el 75% de los equipos resolvieron problemas de forma independiente, se alinea con el 83% de los estudiantes que reportaron habilidades mejoradas de resolución de problemas (Tabla 3).

Este fenómeno apoya directamente estudios previos sobre el rol de Scrum en fomentar el aprendizaje autodirigido y la responsabilidad compartida en entornos de ingeniería.<sup>8</sup> La práctica de la gestión del Backlog y la corrección de errores observada en la bitácora demuestra un desarrollo de competencias que va más allá del simple cumplimiento técnico, sino que se enfoca en el desarrollo de la metacognición.<sup>12</sup>

Al comparar estos hallazgos con la literatura, la combinación IoT-Scrum logra sus objetivos. Este estudio es pionero al integrar MQTT, ESP32 y Scrum en Educación Media General, a diferencia de entornos universitarios o profesionales,<sup>12</sup> ofreciendo un modelo accesible para estudiantes con experiencia técnica limitada. Mientras que otros estudios se centran solo en la viabilidad técnica del hardware de bajo costo o la aplicación de metodologías ágiles en general, esta investigación demuestra que la estructura de Scrum es particularmente efectiva para gestionar la complejidad inherente de los sistemas distribuidos.

Los Daily Scrums y las Retrospectivas actuaron como mecanismos de mitigación de riesgos de integración que son comunes en los proyectos de IoT, permitiendo a los

estudiantes identificar la causa raíz de las fallas entre las capas del sistema (código, red o broker).

**Limitaciones Metodológicas:** La principal limitación del estudio es el tamaño muestral reducido ( $N=12$ ) y su naturaleza de estudio de caso único en un contexto específico (Educación Media General). Si bien la

triangulación de datos minimiza el impacto de esta limitación, se debe reconocer la posible subjetividad en la observación participante del profesor. Investigaciones futuras deberían incluir grupos de control y evaluaciones ciegamente codificadas para validar los hallazgos en muestras más amplias y diversas.

## Conclusiones

El objetivo de validar la arquitectura distribuida (MQTT/ESP32) junto a la metodología Scrum para la enseñanza de IoT fue alcanzado satisfactoriamente.

## Viabilidad Técnica

La arquitectura distribuida basada en ESP32, Programación Visual (Kodular) y el broker MQTT CristalML demostró ser una solución técnica robusta, escalable y viable a bajo costo para proyectos de Educación Media General. La latencia promedio de 195 ms garantiza la estabilidad de la comunicación y valida que los estudiantes pueden implementar sistemas distribuidos funcionales, cumpliendo con los objetivos técnicos del curso.

## Impacto Pedagógico

El impacto pedagógico es significativo. La implementación de Scrum fomentó un entorno de aprendizaje activo donde los estudiantes experimentaron una mejora palpable en habilidades clave:

⌚ Colaboración y Comunicación: El 83% de los estudiantes percibieron una mejor comunicación (Tabla 1), lo cual fue corroborado cualitativamente por la evidencia conductual de debates técnicos profundos sobre la arquitectura en los Daily Scrums (4.1.2).

⌚ Autonomía y Metacognición: El rol del Scrum Master, centrado en guiar en lugar de corregir, promovió la independencia. La observación del profesor de que los estudiantes comenzaron a proponer soluciones de troubleshooting de manera independiente durante las retrospectivas ilustra el desarrollo de habilidades metacognitivas necesarias para abordar la complejidad de IoT. La alta tasa de motivación del 92% (Tabla 3) se tradujo en una gestión eficiente de los proyectos.

⌚ Habilidades Técnicas Integradas: El enfoque en la gestión del Backlog y la resolución de errores (troubleshooting) guió la aplicación del conocimiento de arquitectura distribuida, resultando en una métrica objetiva de eficiencia de 1.6 iteraciones promedio para resolver impedimentos críticos (Tabla 4).

## Replicabilidad y Trabajo Futuro

Los resultados sugieren que este modelo es altamente replicable en instituciones de educación media y técnica. Como trabajo futuro, se recomienda desarrollar un modelo de evaluación cuantitativa del desempeño técnico individual, con el fin de correlacionar con mayor precisión la percepción de las habilidades blandas (Tabla 3) con la contribución de código y la resolución de fallos en el sistema IoT.

También se podría explorar la integración de una plataforma Agile digital más robusta para

optimizar la gestión del Product Backlog. Se recomienda validar el modelo en muestras más grandes y contextos diversos para confirmar su generalización.

## Agradecimientos

El más sincero agradecimiento a la Unidad Educativa Sagrada Familia por facilitar el espacio y los recursos necesarios para la implementación de este proyecto piloto. Un reconocimiento especial se extiende a los estudiantes de 5to año de Educación Media General, promoción XII (período 2024-2025), cuya dedicación y entusiasta participación fueron fundamentales para la recolección de datos y la validación del modelo pedagógico propuesto.

## Referencias

- 1.- Patel KK, Patel SM. Internet of Things-IOT: Definition, characteristics, architecture, enabling technologies, application & future challenges. *Int J Eng Sci Comput.* 2016;6(5):6122-31.
- 2.- Al-Ali AR, Al-Rousan M. Java-based home automation system. *IEEE Trans Consum Electron.* 2004;50(2):498-504. doi:10.1109/TCE.2004.1309449
- 3.- Thangavel D, Ma X, Valera A, Tan HX, Tan CKY. Performance evaluation of MQTT and CoAP via a common middleware. En: 2014 IEEE Ninth International Conference on Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing (ISSNIP); 2014 Apr 21-24; Singapore. Piscataway, NJ, USA: IEEE; 2014. p. 1-6. doi:10.1109/ISSNIP.2014.6827678
- 4.- Hunkeler U, Truong HL, Stanford-Clark A. MQTT-S: A publish/subscribe protocol for Wireless Sensor Networks. En: 2008 IEEE International Conference on Sensor Networks, Ubiquitous, and Trustworthy Computing; 2008 Jun 11-13; Taichung, Taiwan. Los Alamitos, CA, USA: IEEE Computer Society; 2008. p. 23-30. doi:10.1109/SUTC.2008.10
- 5.- Schwartz M. Internet of Things with ESP32: Build amazing IoT projects using the ESP32 chip. Birmingham, UK: Packt Publishing Ltd; 2018.
- 6.- Fraser N. Ten things we've learned from Blockly. En: 2015 IEEE Blocks and Beyond Workshop (Blocks and Beyond); 2015 Oct 24; Atlanta, GA, USA. Atlanta, GA, USA: IEEE Computer Society; 2015. p. 49-50. doi:10.1109/BLOCKS.2015.7394334
- 7.- Wolber D, Abelson H, Spertus E, Looney L. App Inventor: Create your own Android apps. Beijing: O'Reilly Media, Inc.; 2011.
- 8.- Three Teachers Talk. Using Scrum in the Classroom [Internet]. 2019 Jan 25 [cited 2025 Aug 10]. Available from: <https://threeteacherstalk.com/2019/01/25/using-scrum-in-the-classroom/>
- 9.- Tanenbaum AS, Van Steen M. Distributed systems: Principles and paradigms. 3rd ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall; 2017.
- 10.- Coulouris G, Dollimore J, Kindberg T, Blair G. Distributed systems: Concepts and design. 5th ed. Boston: Addison-Wesley; 2011.
- 11.- Schwaber K, Sutherland J. The Scrum Guide: The Definitive Guide to Scrum: The Rules of the Game [Internet]. Scrum.org; 2020 [cited 2025 Aug 10]. Available from: <https://scrumguides.org/>

- 12.- Weiss T. Scrum in device development: new trend or old hat? [Internet]. doubleSlash Blog; [cited 2025 Aug 10]. Available from: <https://blog.doubleslash.de/en/iot-and-connected-things/scrum-in-device-development-new-trend-or-old-hat/>
- 13.- Justice J. Scrum in Hardware Guide [Internet]. Scrum Inc.; [cited 2025 Aug 10]. Available from: <https://www.scruminc.com/scrum-in-hardware-guide/>
- 14.- Mitchell TM. Machine learning. New York: McGraw-Hill; 1997.

# HERRAMIENTA EDUCATIVA PARA LA SELECCIÓN DE TRANSDUCTORES INDUSTRIALES-VARIABLE PRESIÓN

## EDUCATIONAL TOOL FOR THE SELECTION OF INDUSTRIAL TRANSDUCERS - VARIABLE PRESSURE

**Francisco J. Araujo R., Nilka E. Quintero M., Oscar O. Cárdenas S.**

Facultad de ingeniería, Universidad de Los Andes (ULA), Mérida, Venezuela. 5101.

email: araujoru@ula.ve

**Recibido:** 09-10-2025

**Aceptado:** 22-11-2025

### RESUMEN

Se presenta el desarrollo de una herramienta educativa implementada con el lenguaje de programación Python. La herramienta diseñada, puede ser ejecutada en PC o laptops con sistema operativo Windows de 64 bits, no se necesita instalación. Presenta interfaces graficas con información teórica sobre los transductores de presión utilizados en entornos industriales. Consta de módulos de conversión de unidades de presión, módulo para la selección de un transductor considerando solo el rango de presión que se quiere medir, un módulo para la selección de un transductor a partir de varias alternativas aplicando las matrices de decisión, el cual lleva por denominación Método de Decisión de Selección Binaria (MDSB). Para la aplicación de este método, se desarrollaron algoritmos basados en criterios de decisión inéditos, sustentados en el Span de los transductores y en un Coeficiente Mínimo de Sensibilidad Inferior (CMSI), el cual actúa como factor decisivo en casos particulares. El método MDSB está diseñado para comparar de dos a cuatro transductores, pero es escalable a cualquier número de dispositivos. Su aplicación puede extenderse a la selección de transductores para otras variables industriales, como nivel, flujo o temperatura.

**Palabras clave:** Selección de transductores, Matriz de decisión binaria, Coeficiente Mínimo de Sensibilidad Inferior.

### ABSTRACT

The development of an educational tool implemented in the Python programming language is presented. The designed tool can be run on PCs or laptops with a 64-bit Windows operating system; no installation is required. It presents graphical interfaces with theoretical information about pressure transducers used in industrial environments. It consists of pressure unit conversion modules, a module for selecting a transducer considering only the pressure range to be measured, and a module for selecting a transducer from several alternatives by applying decision matrices, which is called the Binary Selection Decision Method (BSDM). For the application of this method, algorithms were developed based on unprecedented decision criteria, supported by the transducer span and a Minimum Lower Sensitivity Coefficient (MLSC), which acts as a decisive factor in particular cases. The BSM method is designed to compare two to four transducers, but is scalable to any number of devices. Its application can be extended to the selection of transducers for other industrial variables, such as level, flow or temperature.

**Key words:** Pressure, Transducer Selection, Binary Decision Matrix, Minimum Lower Sensitivity Coefficient.

**Araujo Ruza, Francisco Javier:** Ing. Electricista, Universidad de Los Andes (ULA), Mérida, Venezuela. Personal docente y de investigación de la Facultad de Ingeniería, ULA, Mérida-Venezuela. Email araujoru@ula.ve

**Quintero Moreno, Nilka Eliana:** Ing. Electricista, Universidad de Los Andes (ULA), Mérida, Venezuela.

Email nilkaeliana@gmail.com

**Oscar Orlando Cárdenas Sandia:** Ing. Electricista, Universidad de Los Andes (ULA), Mérida, Venezuela-1975.

Email :oscardenass2010@gmail.com

## Introducción

En el mundo actual, el avance de la tecnología y la evolución de los métodos de enseñanza han dado lugar a herramientas educativas innovadoras. Estas herramientas están diseñadas para mejorar la comprensión y el manejo de la información, beneficiando tanto a docentes como a estudiantes y profesionales. En el campo de la ingeniería y la industria moderna, este progreso es especialmente importante en áreas como la instrumentación y el control de procesos, donde la precisión y la confiabilidad son esenciales. Dentro de este contexto, la medición de la variable de presión, es una operación fundamental que permite garantizar: seguridad, rendimiento y calidad en una amplia gama de aplicaciones industriales. Los transductores de presión, son dispositivos esenciales en todo el proceso que permiten convertir la presión en una señal eléctrica que puede ser medida y monitoreada.

Sin embargo, la selección, configuración y calibración adecuadas de estos dispositivos, representa un desafío, debido a la diversidad de aplicaciones y a las especificaciones técnicas de cada transductor.

Hoy en día, la selección de transductores de presión se basa en manuales técnicos donde se evalúan ciertas características, y luego se procede a seleccionar el transductor para la medición, pero este método se ha vuelto ambiguo y no eficiente a la hora de seleccionar un transductor de manera rápida y efectiva.

La problemática expuesta, se orienta entonces en dos vertientes: el desarrollo de herramientas didácticas que enriquezcan la formación académica de los estudiantes, permitiéndole desarrollar competencias prácticas en instrumentación industrial y la transformación del rol del docente en un guía o asesor durante el proceso de aprendizaje, y por otro lado, la necesidad de contar con software especializado que permita la comparación y elección de un transductor adecuado para cada aplicación particular, minimizando los riesgos de una selección incorrecta.

De la intersección entre la necesidad industrial y la innovación educativa, surge la interrogante. ¿Cómo unir la necesidad de la industria con la formación de los futuros profesionales? La respuesta se encuentra en el desarrollo de una Herramienta Educativa para la Selección de Transductores industriales-Variable Presión (HEST), herramienta que será portable y le permitirá al estudiante desarrollar destrezas en el campo de la instrumentación industrial, particularmente en la selección de transductores de presión.

## MARCO TEÓRICO

Según Mero,<sup>1</sup> las herramientas digitales educativas en los actuales momentos, han fusionado y transformado drásticamente el paradigma educativo tradicional, las herramientas mejoran y motivan el aspecto del desarrollo de las destrezas de los estudiantes, al mismo tiempo crean en las mentes de los estudiantes un aprendizaje significativo, que empieza generando buenos hábitos de estudio, hasta saber utilizar una herramienta digital, incluso que el estudiante sea autosuficiente en sus actividades encomendadas para verificar el uso de los recursos en los educandos.

Diversas herramientas educativas han sido y están en desarrollo en la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Los Andes. Chacón,<sup>2</sup> presenta el desarrollo e implementación del “Laboratorio Vía Internet Para Control de Procesos”. La aplicación fue realizada en LabVIEW® de National Instruments® y se compone de dos módulos: prácticas simuladas y práctica real. El objetivo general de este trabajo es mostrar cómo se sintoniza un controlador PID, utilizando para ello el método a lazo abierto y cerrado, así como también observar el efecto que tiene la instrumentación sobre la estabilidad de un sistema.

En el Departamento de Circuitos y Medidas, se están desarrollando herramientas educativas por etapas, se puede mencionar de manera especial, el software denominado AnSIRE, desarrollado por Ruiz,<sup>3</sup> el cual permite el análisis simbólico de circuitos, este se basa en la construcción de una

serie de rutinas, apoyadas en técnicas de representación y solución de circuitos a través de algoritmos y estructuras de datos, así como también la creación de distintas funciones para realizar las operaciones simbólicas y numéricas con la ayuda del Análisis Nodal Modificado (ANM) para circuitos eléctricos.

Fuera del ámbito de la Universidad de Los Andes, se pueden mencionar los siguientes antecedentes, Martínez,<sup>4</sup> presenta el diseño de Herramientas Didácticas Enfocadas al Aprendizaje de Sistemas de Control Utilizando Instrumentación Virtual”, en este trabajo se describe el diseño de tres herramientas didácticas implementadas en el software de instrumentación virtual LabVIEW. Estas herramientas están enfocadas al análisis de estabilidad en sistemas de control, cada una de estas herramientas didácticas cuenta con una interfaz gráfica amigable al usuario.

Pineros,<sup>5</sup> presenta un proyecto denominado “Implementación de aplicación móvil para afianzar la estrategia didáctica de aula invertida en el curso virtual de instrumentación industrial”, cuyo objetivo era mejorar la implementación de la estrategia didáctica aula invertida utilizada por la empresa Educatia SAS para sus cursos virtuales, especialmente para el curso de instrumentación industrial, en este trabajo se presenta el desarrollo de una aplicación móvil que permitía a los estudiantes configurar sus tiempos libres para la generación de alarmas o recordatorios que contenían los vínculos con la información que debía revisar, de esta forma se logró aumentar el porcentaje de estudiantes que observaban el material previo a la sesión de clase, lo cual mejoró la dinámica de la formación, la comprensión de los temas vistos en clase y un mayor tiempo destinado al desarrollo de actividades prácticas; lo cual aumentó el tiempo para la realización conjunta de actividades entre docente y estudiante e impactó positivamente en la comprensión de los temas revisados en clase.

En lo que respecta a herramientas educativas para la selección de instrumentos, López,<sup>6</sup> presenta el desarrollo de un “Sistema

experto para la selección y especificación de instrumentos de medición de variables de proceso”, en este trabajo se expone la presentación de un sistema informático experto para la selección y especificación de instrumentos de medición de variables como; temperatura, presión, nivel y flujo, este sistema está constituido por una base de datos creada en Microsoft Access la cual constituye la base de conocimiento del sistema, el mecanismo de interferencia e interfaz con el usuario fueron realizadas con ayuda de Microsoft Visual, la base de datos de los instrumentos fueron obtenidos de catálogos de fabricantes en la rama de instrumentación y control de procesos. Se establecieron criterios de selección de los instrumentos, basados en información teórica, prácticas recomendadas, normas y consideraciones de los fabricantes.

## OPERATIVIDAD DE HEST

HEST, es un software en desarrollo, que le permite al usuario acceder a información teórica y práctica sobre transductores de presión. Dentro de los contenidos teóricos, se encuentran: características de los instrumentos (Rango, términos relacionados con la señal, calidad de lectura, condiciones estáticas), tipos de transductores (eléctricos, mecánicos). Posee un conversor de unidades de presión, y aplicaciones para la selección de un transductor mecánico por rango de medición, y selección por Método de decisión de selección binaria.

## Método de decisión de selección binaria

Para Cárdenas,<sup>7</sup> el método de decisión de selección binaria, aplicado a la selección de instrumentos, se fundamenta en el empleo de matrices de decisión, las cuales permiten identificar de manera sistemática la mejor opción entre varias, para una aplicación específica. La aplicación del método se estructura en los siguientes pasos:

- 1) Seleccionar los parámetros relevantes: Se identifican el conjunto de características técnicas y operativas que podrían influir en la selección del instrumento.
- 2) Seleccionar los parámetros de análisis:

```

1 import tkinter as tk
2 from tkinter import ttk
3 from PIL import Image, ImageTk
4 from apps.components import rango, precision, linealidad, diafragma, tubo_bourdon, histeresis, def_metodo_binario
5 from apps.components import fuelle, transductor_resistivo, transductor_piezoelectrico, transductor_capacitivo
6 from apps.components import referencias, transductor_strain, transductor_lvdt
7 from apps.components.conversor import abrir_conversor_unidades
8 from apps.components.seleccionador import abrir_seleccionador_transductores
9 from apps.components.metodo_binario import abrir_metodo_binario

```

**Figura 1.** Ejemplo de importación de módulos en el programa usando Python.

Se establecen, el conjunto de características que el usuario considere conveniente estudiar, descartando aquellos que no son importantes para el análisis, quiere decir que se seleccionan aquellos parámetros de mayor relevancia o importancia según la medición que se quiera realizar.

3) Construir la matriz de atributos. Esta matriz tiene como objetivo determinar la importancia relativa (ponderación) de cada atributo o parámetro seleccionado. Para ello, se disponen los parámetros, tanto en filas como en columnas y se realizan comparaciones binarias entre ellos. El usuario asigna un valor de “1” si el atributo de la fila es más importante que el de la columna, y “0” en caso contrario, en caso de considerarlos de igual importancia se le asigna un “0”. La suma de cada fila permite obtener una medida de prioridad relativa para cada atributo.

4) Construir la matriz de coeficientes de énfasis: En esta etapa se comparan los instrumentos respecto a cada atributo previamente definido. El propósito es establecer, de forma binaria, qué instrumento ofrece un mejor desempeño para cada parámetro. El resultado es un coeficiente de énfasis por instrumento y por atributo.

5) Construir la matriz de decisión: En este paso se integran los pesos de importancia de los atributos (obtenidos en el paso 3) con los coeficientes de énfasis de los instrumentos (del paso 4). Mediante la combinación de ambos conjuntos de datos, se calcula una puntuación global para cada alternativa, lo que permite identificar de forma cuantitativa la opción más adecuada para la aplicación específica. Es importante mencionar que, al realizar la matriz de decisión, el instrumento que tenga mayor valor ponderado de acuerdo a la importancia establecida para cada uno

de los instrumentos, será el instrumento a utilizar.

## METODOLOGÍA

El desarrollo e implementación de HEST, se realizó usando el lenguaje de programación Python y librerías asociadas, entre las principales librerías empleadas se tienen: tkinter usada para realizar la interfaz gráfica y Numpy para la realización de operaciones matemáticas.

El software se implementó usando programación modular, donde cada función se organiza en módulos independientes, esto permite reutilizar el código y poderlo organizar de manera más eficiente.

En la Figura 1, se ilustra el proceso de importación de los módulos necesarios para la integración del programa. Se inicia con la carga de tkinter, la librería responsable de la interfaz gráfica, seguida por PIL (Pillow), utilizada para la visualización de imágenes dentro de dicha interfaz. Posteriormente, se importan los módulos desde la clase principal del sistema denominada app.components.

En la Figura 2, se muestra la clase App.Components, en ella se crea la base del programa, la raíz donde se implementa, la cabecera, el cuerpo, el desarrollo del menú, y el contenido que se divide en módulos.

Dentro de las clases se encuentran funciones, que son un conjunto de instrucciones cuya finalidad es realizar una tarea específica.

## MODULOS DE HEST.

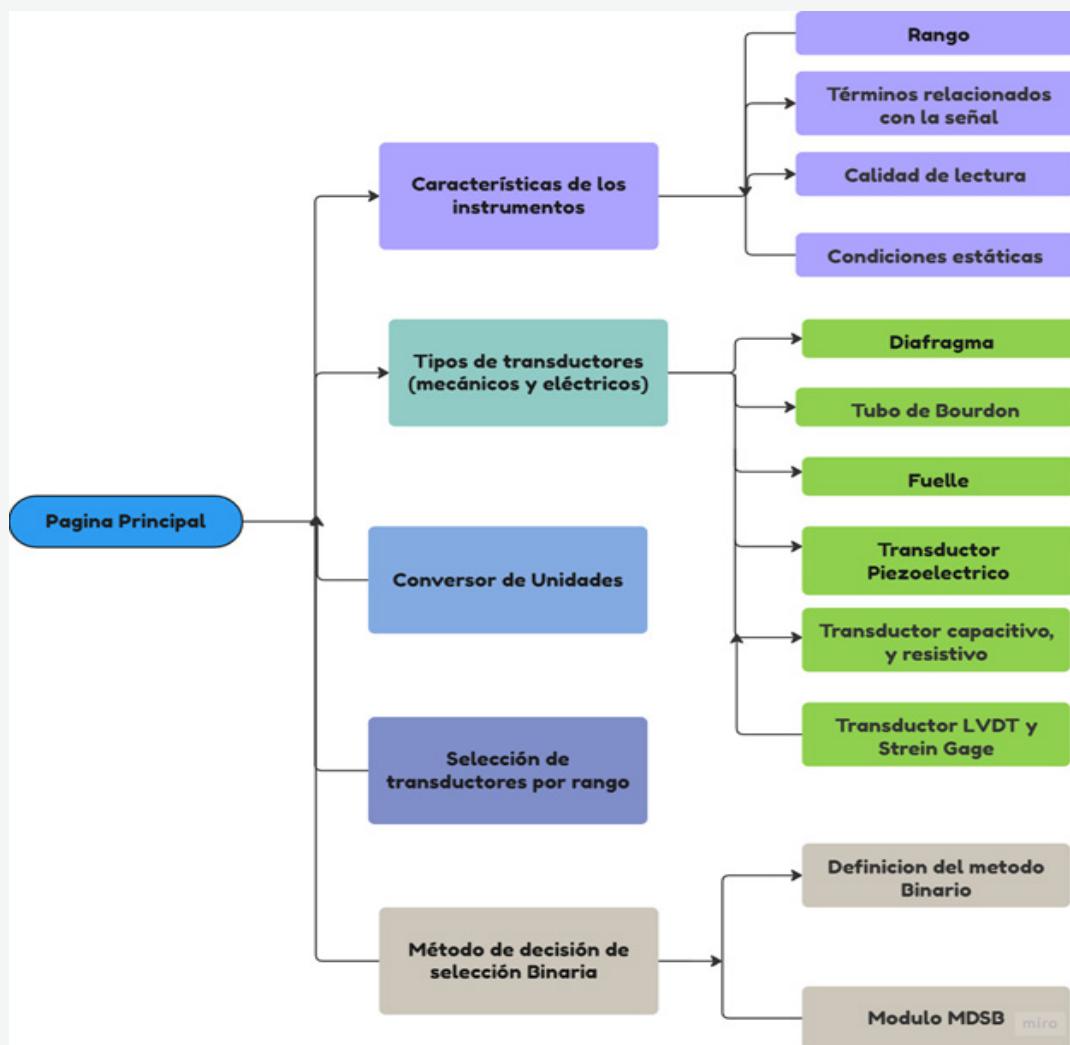
En la Figura 3, se muestra un esquema con los diferentes módulos de HEST. Los bloques asociados a Características de los instrumentos y tipos de transductores

```

34 class AppComponents:
35     def __init__(self, root):
36         self.root = root
37         self.header_frame = self.create_header()
38         self.body_frame, self.canvas, self.scrollable_frame, self.scrollbar = self.create_body()
39         self.footer_frame = self.create_footer()
40         self.menu = self.create_menu()
41         self.content_modules = {
42             "Rango": rango.create_content,
43             "Señal": precision.create_content,
44             "Calidad de Lectura": linealidad.create_content,
45             "Características estáticas": histeresis.create_content,
46             "Diafragma": diafragma.create_content,
47             "Tubo de Bourdon": tubo_bourdon.create_content,
48             "Fuelle": fuelle.create_content,
49             "Transductor Resistivo": transductor_resistivo.create_content,
50             "Transductor Piezoelectrónico": transductor_piezoelectrico.create_content,
51             "Transductor Capacitivo": transductor_capacitivo.create_content,
52             "Def. Método Binario": def_metodo_binario.create_content,
53             "Referencias": referencias.create_content,
54             "Transductor Strain Gage": transductor_strain.create_content,
55             "Galgas": transductor_lvdt.create_content

```

**Figura 2.** Clase App.Components de HEST.



**Figura 3.** Esquema con módulos de HEST.

contienen información teórica, y los bloques: Conversor de unidades, selección de transductores por rango (para transductores mecánicos) y Método de Decisión de Selección Binaria, son bloques de aplicaciones prácticas.

Para cada uno de los bloques, se implementaron módulos en Python con las funciones necesarias para obtener resultados.

## MODULO MDSB.

Este módulo en la herramienta educativa consta de dos pestañas, una teórica donde el usuario podrá revisar en que consiste el método binario y una pestaña de aplicación, donde una vez que se ingresan los datos necesarios, se realiza de MDSB de manera automatizada.

Al aplicar MDSB, las prioridades tanto para la matriz de atributos, como para las matrices de coeficientes de énfasis son establecidas por criterios y experiencia del usuario, por lo que la selección tiene un alto grado de subjetividad.

Para evitar la subjetividad del usuario, al momento de la creación de la matriz de coeficientes de énfasis, se desarrollaron criterios basándose en el Spans de los transductores, particularmente para aquellos casos en los que la característica a ser analizada presente un rango de medición y no un valor único.

### Criterios desarrollados para la elaboración de las matrices de coeficientes de énfasis.

Con la finalidad de crear de manera automática las matrices de énfasis, en los casos en que la característica a ser evaluada presente un rango de medida, se establecen los siguientes criterios:

Primer criterio: El span de los transductores seleccionables, debe ser mayor al span de referencia del proceso. Este criterio se fundamenta en normas internacionales y prácticas de diseño industrial reconocidas: IEC 61511,<sup>8</sup> IEC 60770,<sup>9</sup> ANSI/ISA-84.00.01<sup>10</sup> y guía de buenas prácticas API RP 551.<sup>11</sup>

Esto asegura el cumplimiento de la seguridad (protección contra sobrecargas) y la calidad metrológica (operación en la zona lineal) del instrumento. Adicionalmente, esto permite tener una capacidad de ajuste para adaptarse a cambios en los puntos de referencia (setpoints), alarmas o límites de operación del proceso.

Segundo criterio: Con la finalidad de que la selección del transductor sea objetiva, se establecen las siguientes cotas o límites.

El valor mínimo del límite inferior del rango de los transductores seleccionables debe ser un 20% menor al valor mínimo del límite inferior del rango de referencia: De acuerdo con las normas IEC 61511, y guía de buenas prácticas API RP 551, el límite inferior del rango del instrumento debe estar entre 10% y 20%, del valor mínimo esperado de la variable del proceso. Esto permite asegurar la exactitud en la parte baja de la escala y mantener la resolución útil; esta práctica garantiza que el transductor pueda monitorear condiciones fuera del rango normal (arranques, paradas, fallas), evite la saturación de la señal y mantenga la integridad funcional del sistema de control. Además, facilita el uso de rangos estándar, mejora la capacidad de diagnóstico y permite la automatización confiable de las configuraciones instrumentadas.

El valor máximo del límite superior del rango de los transductores seleccionables debe ser 50% mayor al valor máximo del límite superior del rango de referencia: Se elige este valor considerando documentos o manuales de prácticas recomendadas de ingeniería API RP 551 y en criterios de diseño de empresas de ingeniería (experiencia profesional), que indican un porcentaje específico del 10% al 25% o el factor de 1,5 veces el valor máximo del límite superior del rango.

Cumplidos el primer y segundo criterio, se procede a establecer un tercer criterio.

Tercer criterio: Para establecer este criterio, se tomó como modelo de prueba la selección de un transductor a partir de tres alternativas. Estas tres alternativas de selección generaron 16 casos diferentes a ser considerados y a partir de los cuales

**Tabla 1.** Casos de estudio para matriz 3X3

Caso	Condición
1	Límites inferiores y límites superiores del rango de los transductores de igual valor – span iguales
2	Límites inferiores del rango iguales y límites superiores del rango diferentes – span diferentes
3	Límites inferiores del rango diferentes y límites superiores del rango iguales – span diferentes
4	Límites inferiores del rango iguales y dos límites superiores del rango diferentes – dos span iguales
5	Límites superiores del rango iguales y dos límites inferiores del rango diferentes – dos span iguales
6	Dos límites inferiores del rango iguales y dos límites superiores del rango iguales no pareados – dos span iguales
7	Dos límites inferiores del rango iguales y dos límites superiores del rango iguales pareados – dos span iguales.
8	Dos límites inferiores del rango iguales y dos límites superiores del rango iguales no pareados – tres span diferentes
9	Dos límites inferiores del rango iguales y dos límites superiores del rango iguales no pareados – tres span iguales
10	Dos límites inferiores del rango iguales y tres límites superiores del rango diferentes – dos span iguales
11	Límites inferiores del rango iguales y dos límites superiores del rango diferentes – tres span diferentes
12	Límites inferiores del rango iguales y dos límites superiores del rango diferentes – dos span iguales
13	Dos límites inferiores del rango iguales y tres límites superiores del rango diferentes – tres span diferentes
14	Límites inferiores del rango iguales y límites superiores del rango diferentes – span diferentes
15	Límites inferiores del rango iguales y límites superiores del rango diferentes – dos span iguales
16	Límites inferiores del rango iguales y límites superiores del rango diferentes – tres span iguales

Fuente: Araujo, Cárdenas, Quintero

se debía crear la matriz de coeficientes de énfasis, Los casos se presentan en la Tabla 1.

Tomando los datos mostrados en la Tabla 1, se procedió a la prueba e implementación de algoritmos con diferentes estructuras y condiciones de decisión que dieran solución a los casos presentados.

Se desarrolló e implementó en Python un algoritmo basado en comparación de span de los transductores y de un coeficiente

adimensional al que se le asigna el nombre de Coeficiente Mínimo de Sensibilidad Inferior (CMSI). El CMSI, el cual se utiliza en aquellos casos donde se puedan presentar span iguales entre diferentes alternativas y su valor viene dado por:

$$CMSI = \left| \frac{Liminf_{RT_{ref}} - Liminf_{RT_i}}{Span_{Ref}} \right| \quad ec. 1$$

Donde:

$Liminf_{RT_{ref}}$ =Valor numérico del límite inferior del rango del transductor de referencia

$\text{Liminf}_{\text{RTi}}$ =Valor numérico del límite inferior del rango del transductor a seleccionar

$\text{Span}_{\text{Ref}}$ = límite superior del rango de referencia- límite inferior del rango de referencia

El CMSI se enfoca o se fundamenta en el uso de los límites inferiores, esto para asegurar que las condiciones mínimas de operación y el cero físico del proceso estén completamente cubiertos, garantizando que el transductor nunca se sature ni pierda señal en condiciones de bajo valor.

Es importante destacar que, en esta primera herramienta educativa, no se consideran los límites superiores, sin embargo, se están desarrollando estructuras de decisión basadas en un nuevo coeficiente denominado Coeficiente Máximo de Sensibilidad Superior (CMSS), para aquellos casos que presenten span iguales entre diferentes alternativas de transductores, donde se les da una mayor relevancia a las características estáticas en los extremos superiores del rango de medición. Los primeros resultados indican que se pueden presentar casos de vinculación entre el CMSI y el CMSS (en desarrollo).

Para una mejor compresión del concepto del CMSI, se presenta el análisis del siguiente caso, donde se quiere establecer la matriz de coeficientes de énfasis para los transductores mostrados en la Tabla 2, los cuales cumplen con el primer y segundo criterio, de acuerdo a las condiciones de operación o referencia de valor (20-120) psi.

**Tabla 2.** Opciones para la selección de transductor de presión

Transductor de Presión	Rango de Presión (psi)
TP1	15-130
TP2	15-135
TP3	18-138

Fuente: Araujo, Cárdenas, Quintero

En la Tabla 3, se muestran los resultados de los span y CMSI de cada uno de los transductores seleccionables.

**Tabla 3.** Span y CMSI de los transductores

Transductor de Presión	CMSI	Span Transductores
TP1	0,25	115
TP2	0,25	120
TP3	0,10	120

Fuente: Araujo, Cárdenas, Quintero

Con los datos de la Tabla 3, se establecen las estructuras de decisión para asignación del valor 0 ó 1 en la matriz de coeficientes, en este caso TP1 prevalece sobre TP2 y TP3 por tener menor span, luego la comparación entre los transductores TP2 y TP3 que presentan igual span, debe decidirse por el CMSI, en este caso el menor CMSI lo tiene TP3, por lo que prevalece TP3 sobre TP2, quedando entonces la matriz mostrada en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Matriz de Coeficientes de énfasis

	TP1	TP2	TP3
TP1	0	1	1
TP2	0	0	0
TP3	0	1	0

Fuente: Araujo, Cárdenas, Quintero

Los resultados obtenidos por el algoritmo desarrollado usando CMSI, fueron validados por un especialista en el área y pueden ser aplicados a matrices nxn.

## RESULTADOS

Al ejecutar la aplicación HEST.exe, el usuario podrá ver la ventana de inicio mostrada en la figura 4. En esta ventana de inicio, el usuario podrá navegar por las pestañas, desplegar las ventanas con información teórica y acceder a las aplicaciones.

En las pestañas superiores, Características de los instrumentos y Tipos de transductores, se despliegan las opciones que contendrán la información teórica relacionada con estos tópicos.

De la misma manera, al seleccionar el



**Figura 4.** Ventana de inicio de HEST

**Tabla 5.** Transductores y características.

Transductor de Presión	Exactitud ( $\pm\%F_E$ )	Repetibilidad ( $\pm\%F_E$ )	Rango de Temperatura (°F)	Rango de Presión (psi)
TP1	0,25	0,05	12 a 150	15-130
TP2	0,15	0,25	12 a 140	15-150
TP3	0,25	0,15	15 a 140	12-125
TP4	1	0,25	15 a 155	10-135

Fuente: Araujo, Cárdenas, Quintero

botón Conversor, el usuario podrá realizar conversión de unidades de la variable presión, en el campo de entrada valor a convertir, se debe ingresar el valor que se desea convertir luego seleccionar la variable de origen y así mismo la variable de destino, luego presionar el botón convertir y así obtener el resultado.

Presionando el botón Selector de la pestaña superior, se despliega una ventana donde el usuario podrá introducir el valor de presión en PSI, y el programa le indicará que transductor mecánico usar, el resultado se muestra en la figura 5.

Para la validación del Método MDSB, se procedió a realizar la selección de un transductor de presión, escogiendo entre las alternativas presentadas en la tabla 5.

La selección debe establecerse de acuerdo a las condiciones de operación presentadas en la Tabla 6.

Al seleccionar la pestaña método Binario, y ejecutar el módulo MDSB, de acuerdo a lo especificado en el manual de operación,

se obtienen los resultados mostrados en la Figura 6, donde se pueden apreciar: la matriz de importancia y las matrices de coeficientes de énfasis para cada atributo, así como las ponderaciones encontradas para cada transductor en términos de la matriz solución (S) y la selección de cuál transductor es el adecuado para la medición que se desea realizar. En este ejemplo el Transductor identificado como T1, el cual presenta el mayor valor ponderado, es el seleccionado.

**Tabla 6.** Condiciones de operación

Característica	Valor
Exactitud	Mejor que 1,5 % FE
Repetibilidad	Mejor que 1 % FE
Temperatura (°F)	(15-150) °F
Presión	(15-100) psi

Fuente: Araujo, Quintero, Cárdenas



**Figura 5.** Ventana de inicio de HEST

Resultados calculados!		
<b>Matriz de Importancia:</b> [0, 1, 1, 1] [0, 0, 1, 1] [0, 0, 0, 0] [0, 0, 1, 0] Sumatoria: 6 Pesos: [0.5, 0.333, 0.0, 0.167]	<b>Matriz de Énfasis para Repetibilidad:</b> [0, 1, 1, 1] [0, 0, 0, 0] [0, 1, 0, 1] [0, 0, 0, 0] Sumatoria: 5 Pesos: [0.6, 0.0, 0.4, 0.0]	<b>Matriz de Énfasis para R. Medida:</b> [0, 1, 0, 1] [0, 0, 0, 0] [1, 1, 0, 1] [0, 1, 0, 0] Sumatoria: 6 Pesos: [0.333, 0.0, 0.5, 0.167]
<b>Matriz de Énfasis para Exactitud:</b> [0, 0, 0, 1] [1, 0, 1, 1] [0, 0, 0, 1] [0, 0, 0, 0] Sumatoria: 5 Pesos: [0.2, 0.6, 0.2, 0.0]	<b>Matriz de Énfasis para R. Temperatura:</b> [0, 0, 0, 1] [1, 0, 0, 1] [1, 1, 0, 1] [0, 0, 0, 0] Sumatoria: 6 Pesos: [0.167, 0.333, 0.5, 0.0]	<b>Resultados S:</b> S1: 0.355 S2: 0.3 S3: 0.317 S4: 0.028 <b>Mejor Transductor: T1</b>

**Figura 6.** Matrices de importancia, de énfasis por atributo y solución aplicando MDSB

## Conclusiones

Se diseñaron y validaron módulos de aprendizaje que abordan de manera sistemática conceptos esenciales asociados a los transductores entre los cuales se tiene; las características y las especificaciones de los instrumentos de medición, así como los criterios necesarios para la selección de transductores de presión en procesos industriales.

Se diseñaron e implementaron criterios basados en Span y en estructuras condicionadas para la creación de la matriz de coeficientes de énfasis, necesaria en la aplicación MDSB. Se presenta por primera vez el Coeficiente Mínimo de Sensibilidad Inferior (CMSI), que funciona como elemento decisor en aquellos casos en los cuales se tiene la presencia de Span iguales entre transductores al momento de la creación de la matriz de coeficientes de énfasis.

Se diseño e implemento un módulo de aprendizaje que permite seleccionar un transductor de presión aplicando MDSB, en el cual el usuario no influye con criterios subjetivos en la creación de las matrices de énfasis entre transductores.

Por ser una versión Beta, el módulo o aplicación MDSB en la herramienta educativa, puede usarse para un rango de entre dos y cuatro transductores, esto debido a que el manejo de ventanas gráficas con la librería tkinter, se diseñó para mostrar resultados para tal cantidad de transductores, sin embargo, el algoritmo de cálculo y decisión implementado en Python, permite seleccionar entre n cantidad de transductores, por lo tanto, es escalable y para mostrar los resultados deben incorporarse ventanas gráficas adicionales.

El módulo MDSB, puede ser utilizado para cualquier otra variable como Nivel, Flujo, Temperatura entre otras, sólo se deben modificar o crear nuevas ventanas gráficas mediante Tkinter y ajustes al código Python para etiquetado.

## Referencias

- 1.- Mero-Ponce J. Herramientas digitales educativas y el aprendizaje significativo en los estudiantes. Rev Cient Dominio Cienc [Internet]. 2021 [citado 2025 Jul 01];7(1):712-724. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8385914>.
- 2.- Chacón E. Laboratorio vía internet para control de procesos [Tesis de maestría, Universidad de Los Andes]. 2004.
- 3.- Ruiz, A. Análisis simbólico de circuitos. Parte 1: Motor de cálculo (Tesis de Pregrado, Universidad de Los Andes). (2017).
- 4.- Martínez J, Padilla A, Rodríguez E, Jiménez A, Orozco H. Diseño de herramientas didácticas enfocadas al aprendizaje de sistemas de control utilizando instrumentación virtual. Rev Iberoam Automat Inform Ind. [Internet]. 2017 [citado 2025 Jul 06];7(1):712-724.;14(4):424-433. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.riai.2017.03.003>
- 5.- Piñeros J. Implementación de aplicación móvil para afianzar la estrategia didáctica de aula invertida en el curso virtual de instrumentación industrial [Tesis de maestría, Tecnológico de Monterrey]. 2021. Disponible en: <https://repositorio.tec.mx>
- 6.- López N, Roció R. Sistema experto para la selección y especificación de instrumentos de medición de variables de proceso [Trabajo de grado, Pregrado, Universidad Central de Venezuela]. 2001. Disponible en: <https://saber.ucv.ve/bitstream/10872/6810/1/Binder1.pdf>
- 7.- Cárdenas O. Transductores para procesos industriales. Mérida (Venezuela): Universidad de Los Andes; 2010. 335 p.
- 8.- International Electrotechnical Commission. IEC 61511: Functional safety — Safety instrumented systems for the process industry sector. 3rd ed. Geneva: IEC; 2016.
- 9.- International Electrotechnical Commission. IEC 60770: Transmitters for use in industrial-process control systems. Geneva: IEC; 1993–2014.
- 10.- International Society of Automation. ANSI/ISA-84.00.01: Functional safety: Safety instrumented systems for the process industry sector. Research Triangle Park (NC): ISA; 2004–2018.
- 11.- American Petroleum Institute. API RP 551: Process Measurement. 2nd ed. Washington (DC): API; 2021.

# APRENDIZAJE CONTEXTUAL DE LA FÍSICA: UNA EXPERIENCIA NEURODIDÁCTICA DESDE EL LENGUAJE COTIDIANO AL LENGUAJE TÉCNICO – ESPECIALIZADO PARA ESTUDIANTES DE TERCER AÑO DE EDUCACIÓN MEDIA GENERAL

## PHYSICS CONTEXTUAL LEARNING: A NEURODIDACTIC EXPERIENCE FROM EVERYDAY LANGUAGE TO TECHNICAL – SPECIALIZED LANGUAGE FOR THIRD-YEAR GENERAL SECONDARY EDUCATION STUDENTS

**Elida Sandra Carvajal Moreno<sup>1</sup>, Rubén Darío Belandria Rondón<sup>2</sup>.**

<sup>1</sup>Liceo Doctor Gerónimo Maldonado.Bailadores, Municipio Rivas Dávila Mérida – Venezuela

<sup>2</sup>Universidad de Los Andes. Facultad de Humanidades y Educación.Departamento de Pedagogía y Didáctica Mérida – Venezuela – 5101  
sandraelida9@gmail.com

**Recibido:** 09-11-2025

**Aceptado:** 27-11-2025

### RESUMEN

En el estudio se aborda la relación de la terminología científica en la disciplina de física en tercer año de Educación Media General, cuyo objetivo fue evaluar las estrategias con enfoque neurodidáctico para el aprendizaje de la física con base en el lenguaje cotidiano, técnico, científico especializado. La misma se apoyó en la investigación cualitativa bajo el diseño de investigación acción participante. Las técnicas e instrumentos empleados fueron la entrevista (guía de preguntas dirigida a los representantes), y la observación sistemática (escala de valoración de la participación en clase de los estudiantes). Los informantes claves fueron 25 estudiantes y 25 representantes. Se observó comprensión e identificación por parte de los estudiantes de las unidades de medida de cada magnitud física y su uso en la cotidianidad, permitiendo el desarrollo de habilidades, destrezas y pensamiento crítico, evidenciando que el aprendizaje es efectivo cuando el estudiante hace contacto directo con lo tangible y perceptivo, es decir aprende haciendo. Se concluyó que los estudiantes establecieron relación entre el lenguaje coloquial con el lenguaje técnico especializado para el aprendizaje de la física, a través de estrategias teórico prácticas de construcción con enfoque neurodidáctico comprendiendo la física como disciplina teórica y experimental.

**Palabras clave:** física, lenguaje cotidiano, lenguaje técnico especializado aprendizaje, neurodidáctica.

**Elida Sandra Carvajal Moreno:** Tesista de la Licenciatura en Educación Mención Ciencias Físico Naturales, Escuela de Educación, Facultad de Humanidades y Educación, Universidad De Los Andes (ULA). Estudiante en el área de Matemática Programa Nacional de Formación de Educadores (PNFE) de la Universidad Nacional Experimental del Magisterio “Samuel Robinson”. Docente de Educación Media del Liceo Doctor Gerónimo Maldonado, Bailadores, Municipio Rivas Dávila, Estado Mérida. Email: sandraelida9@gmail.com

**Rubén Darío Belandria Rondón:** Magister Scientiarum en Tecnología Educativa (UNEFA). Licenciado en Educación Mención Ciencias Físico Naturales (ULA) y . Personal docente y de investigación de la Facultad de Humanidades y Educación de la Universidad de Los Andes (ULA). Email:rubendpdula@gmail.com

# APRENDIZAJE CONTEXTUAL DE LA FÍSICA: UNA EXPERIENCIA NEURODIDÁCTICA DESDE EL LENGUAJE COTIDIANO AL LENGUAJE TÉCNICO – ESPECIALIZADO PARA ESTUDIANTES DE TERCER AÑO DE EDUCACIÓN MEDIA GENERAL

## PHYSICS CONTEXTUAL LEARNING: A NEURODIDACTIC EXPERIENCE FROM EVERYDAY LANGUAGE TO TECHNICAL – SPECIALIZED LANGUAGE FOR THIRD-YEAR GENERAL SECONDARY EDUCATION STUDENTS

**Elida Sandra Carvajal Moreno<sup>1</sup>, Rubén Darío Belandria Rondón<sup>2</sup>.**

<sup>1</sup>Liceo Doctor Gerónimo Maldonado.Bailadores, Municipio Rivas Dávila Mérida – Venezuela

<sup>2</sup>Universidad de Los Andes. Facultad de Humanidades y Educación.Departamento de Pedagogía y Didáctica Mérida – Venezuela – 5101  
sandraelida9@gmail.com

**Recibido:** 09-11-2025

**Aceptado:** 27-11-2025

### ABSTRACT

This study addresses the relationship of scientific terminology in the discipline of physics for third-year students in General Secondary Education. Its objective was to evaluate strategies with a neurodidactic approach for the learning of physics based on everyday, technical, and specialized scientific language. The study was supported by qualitative research under a participatory action research design. The techniques and instruments used were the interview (a protocol interview addressed to representatives/parents) and systematic observation (a rating scale for student class participation). The key informants were 25 students and 25 representatives/parents. Comprehension and identification by the students of the units of measurement for each physical magnitude and their use in everyday life were observed, allowing for the development of abilities, skills, and critical thinking. This proved that learning is effective when the student makes direct contact with the tangible and perceptual, that is to say they learn by doing. It was concluded that students established a relationship between colloquial language and specialized technical language for learning physics, through practical theoretical construction strategies with a neurodidactic approach, thus understanding physics as a theoretical and experimental discipline.

**Key words:** Physics, everyday language, specialized technical language, learning, neurodidactics.

**Elida Sandra Carvajal Moreno:** Tesista de la Licenciatura en Educación Mención Ciencias Físico Naturales, Escuela de Educación, Facultad de Humanidades y Educación, Universidad De Los Andes (ULA). Estudiante en el área de Matemática Programa Nacional de Formación de Educadores (PNFE) de la Universidad Nacional Experimental del Magisterio “Samuel Robinson”. Docente de Educación Media del Liceo Doctor Gerónimo Maldonado, Bailadores, Municipio Rivas Dávila, Estado Mérida. Email: sandraelida9@gmail.com

**Rubén Darío Belandria Rondón:** Magister Scientiarum en Tecnología Educativa (UNEFA). Licenciado en Educación Mención Ciencias Físico Naturales (ULA) y . Personal docente y de investigación de la Facultad de Humanidades y Educación de la Universidad de Los Andes (ULA). Email:rubendpdula@gmail.com

## Introducción

El estudio de las ciencias naturales, constituye un factor transcendental en la formación del estudiante en el campo de la investigación, para lo cual los conocimientos que reciba dentro de su proceso de aprendizaje, lo lleven a adquirir niveles de pertenencia y compromiso con el estudio de las áreas afines con las ciencias naturales. Biología, Química y Física. Para ello el docente debe generar acciones pedagógicas, didácticas y neurolingüísticas que lleven a despertar en el estudiante inquietudes para la creatividad, innovación e interés por los fenómenos y las cuestiones científicas.

De ahí que, la enseñanza de la física debe proporcionar al estudiante herramientas pedagógicas y didácticas que le permitan construir el conocimiento partiendo de su experiencia, con base a los conocimientos previos que ha adquirido en el transcurso de su vida. Ello en razón de que, el estudiante maneja dentro del proceso de formación, un lenguaje coloquial que muchas veces crea confusiones, al momento de manejar la terminología técnica y científica que se utiliza en la ciencia de la física. De lo anterior se deriva que, el docente debe diseñar estrategias que le permitan vincular los conocimientos que el estudiante trae a la institución, producto de su experiencia expresado a través del lenguaje coloquial, con el conocimiento científico que usa la ciencia de la física como el lenguaje técnico. Ello permitirá hacer más significativo el aprendizaje, por medio del cual el estudiante estará en la capacidad de comprender la importancia teórico – práctica de la física en la vida académica, familiar y comunitaria.

En consecuencia, de lo expresado, la investigación cobra relevancia puesto que plantea, establecer una vinculación de saberes a través de diferentes estrategias pedagógicas, didácticas y neurolingüísticas, que permitan relacionar el lenguaje coloquial con el científico en el aprendizaje de la física y demás ciencias, lo que llevó a que los estudiantes lograran la capacidad de comprender la terminología utilizada en los dos campos de aprendizaje. Igualmente

aclarar la confusión al momento de manejar los términos que son la base para el estudio e investigación de las ciencias.

## Las ciencias naturales desde el contexto problematizador de su lenguaje

El estudio de las ciencias naturales obedece desde el planteamiento científico y epistemológico a códigos y leyes establecidas en diferentes convenciones, encuentros y centros donde se debate el conocimiento científico, dejando de lado el conocimiento considerado como vulgar o popular. Esta situación ha llevado que desde el conocimiento científico se desconozca el conocimiento que se produce en ambientes que necesariamente no son académicos, como lo es las comunidades, que, aunque no se les haya reconocido han aportado conocimientos que en muchos casos han servido como base para el desarrollo del conocimiento científico.

De allí que “la sociedad actual se caracteriza por la complejidad y diversidad del conocimiento, lo que debe llevar a una revisión analítica y crítica de ese conocimiento, a objeto de establecer un acercamiento entre el saber popular y su connotación y contradicción con el saber científico y academicista”.<sup>1</sup> Lo que implica que las instituciones académicas deben establecer vínculos con las comunidades para crear una relación dialógica del saber entre las diferentes fuentes del conocimiento, con el propósito de darle sustento epistemológico, tanto al saber popular que se genera en las comunidades, para la comprensión de las ciencias, como el científico que se desarrolla en las academias.

En este contexto, se presenta la disyuntiva en el aprendizaje de la física, puesto que existen debilidades por parte de los estudiantes en el manejo de la terminología del lenguaje científico, para la comprensión de la terminología básica utilizado en las ciencias naturales específicamente en el campo de la física. Por su parte, Escalona<sup>2</sup> comenta que “La educación universitaria debe establecer una vinculación entre los saberes populares y académicos, con una visión transdisciplinaria, que resignifique

el conocimiento y la concepción de la Universidad y las instituciones educativas más allá del aula". Este planteamiento, obedece a crear mecanismos que contextualicen el aprendizaje de acuerdo a las condiciones del medio, con el propósito que surjan nuevas categorías en el proceso de aprendizaje a fin de que los sujetos sociales (estudiantes), articulen los saberes de su experiencia con los programas académicos, a objeto de darle sustento epistemológico en la construcción del conocimiento en el área de Física.

De lo anterior se deduce, que se deben crear acciones desde el proceso de aprendizaje, que permita involucrar el lenguaje coloquial con base en el uso de la física dentro del proceso de aprendizaje, que le permita al estudiante adquirir progresivamente el lenguaje técnico para la identificación de términos afines con esta ciencia, para darle una categorización teórica y práctica dentro del proceso de formación.

En este sentido, se hace necesario la vinculación de los saberes populares junto a los estudiantes orientadas desde prácticas pedagógicas para fomentar el desarrollo de conocimientos en el campo de la física.<sup>3</sup> Lo que genera la posibilidad que, desde las instituciones educativas de media general, se tome en cuenta los saberes y experiencias que los estudiantes traen, los cuales pueden ser vinculados y articulados con los programas de aprendizaje que se les orienta dependiendo del año o grado de formación.

De igual manera, el aprendizaje de la física con base al manejo de términos básicos, que el estudiante debe colocar en práctica en la progresión de su aprendizaje, tiene que estar sustentado sobre la relevancia, pertinencia y relación con el ambiente donde se desenvuelve, puesto que la contextualización de ideas científicas, pueden originarse desde la acción práctica que el estudiante genera durante el desarrollo de actividades que lleven inmersas la investigación, creación e innovación. En este sentido, el lenguaje conversacional en el proceso de aprendizaje de los jóvenes contribuye a contextualizar las ideas científicas tomando como referencia

aspectos de su cotidianidad, con un sentido práctico para la construcción de las ciencias naturales desde un lenguaje coloquial y natural.<sup>4</sup>

Desde esta perspectiva, se pueda promover la construcción de conceptos, definiciones, teorías que sirvan para la comprensión de los fenómenos y el desarrollo del lenguaje en las ciencias físicas. Ante esta situación de debilidad en la terminología científica por parte de los estudiantes de tercer año de educación media, se deben emplear las herramientas y estrategias con enfoque neurodidáctico, dirigidas y orientadas a comprender y entender el lenguaje coloquial de los estudiantes, en el uso y aplicación de la física con relación a la terminología científica de esta ciencia, lo que lleva a proyectar en ellos el pensamiento crítico y la creatividad, a objeto de que comprendan el medio contextual en él se desenvuelven, y la importancia de la física en la construcción y aplicación del conocimiento para la vida.

De lo anterior se derivan algunas interrogantes orientadas al contexto de estudio ¿Cómo los estudiantes de tercer año de Educación Media General establecen relación entre el lenguaje coloquial y el lenguaje técnico especializado de la física en situaciones contextualizadas en sus comunidades? ¿Cuáles serían las estrategias de enseñanza y/o aprendizaje orientadas desde los procesos de la neurodidáctica para establecer vínculos entre el lenguaje coloquial y el lenguaje técnico especializado de la física en estudiantes de tercer año de Educación Media General? ¿Cuál sería el alcance de las estrategias de enseñanza y/o aprendizaje orientadas desde los procesos de la neurodidáctica para establecer vínculos entre el lenguaje coloquial y el lenguaje técnico especializado de la física en estudiantes de tercer año de Educación Media General?

En este contexto, es posible la presentación del objetivo principal "Evaluar estrategias con enfoque neurodidáctico para el aprendizaje de la física con base en el lenguaje coloquial – técnico – científico de los estudiantes de tercer año de Educación Media General". Por cuanto, los objetivos específicos, primero:

Diagnosticar la relación entre el lenguaje coloquial y el técnico especializado de la física de los estudiantes de tercer año en sus comunidades, segundo: Diseñar estrategias que permitan relacionar el lenguaje coloquial y el técnico especializado en el aprendizaje de la física desde la neurodidáctica en estudiantes de tercer año Educación Media General, y tercero: Valorar los alcances de las estrategias de enseñanza y/o aprendizaje con base en los procesos neurodidácticos en el aprendizaje de la física a través de la interrelación del lenguaje coloquial y el técnico especializado.

Si el aprendizaje de las ciencias naturales en el subsistema de educación básica, está orientado a desconectar al estudiante del medio natural que vive, es decir, la mayoría de especialistas (docentes) en esta área orientan sus conocimientos con base a textos editados para estos fines, entre otras fuentes, dejando de un lado el conocimiento que desde la realidad vivencial cada estudiante trae a la institución. Lo que lleva a que dentro del proceso de formación educativa de la física no se tome en cuenta la experiencia y los conocimientos previos que cada aprendiz tiene o posee, lo que podría ser un factor determinante para lograr avances en el aprendizaje de la física.

De acuerdo con Vygotsky<sup>5</sup> considera el aprendizaje como un proceso individual de construcción de nuevos conocimientos, cuyo punto de partida es la interacción con la sociedad, igualmente señala que aprender es una experiencia social y colaborativa en que el lenguaje, la sociedad, la cultura y la interacción social juegan un papel fundamental en el proceso de conocimiento.

Por esta razón, sustenta su teoría en lo sociocultural. De allí que, el desarrollo del individuo sea el resultado de la cultura con base al lenguaje, el pensamiento y el razonamiento, los cuales se comienzan a desarrollar a través de la relación social con otros, especialmente con la familia, la escuela y la comunidad.

De este modo la investigación en curso sea relevante, puesto que toma como fuente de estudio el aprendizaje de física con base al

conocimiento que los estudiantes tienen por medio del uso del lenguaje coloquial. Lo que permite un aprendizaje más efectivo de física y su terminología técnica científica, para que se establezcan vínculos entre el lenguaje coloquial propio de los estudiantes y el lenguaje técnico científico utilizado por la ciencia.

En este sentido, se considera necesario que los especialistas en el área de física coloquen en práctica estrategias que permitan vincular y motivar en el aprendizaje de las ciencias físicas el conocimiento que traen los estudiantes desde su medio, expresados a través del lenguaje coloquial con el lenguaje técnico científico y la terminología científica.

### **Fundamentos teóricos en el aprendizaje de la física desde un enfoque neurodidáctico**

En la etapa escolar el aprendizaje presenta interés significativo en el desarrollo de habilidades propias de los estudiantes. Por ello, el cerebro está preparado para afrontar su desarrollo, eso permite a las nuevas neuronas la generación de nuevas conexiones en su red neuronal, en este punto, el aprendizaje de las ciencias naturales en la etapa escolar es necesario conocer como las estrategias con enfoque neurodidáctico pueden ser vínculo entre el aprendizaje, la memoria y el contexto considerando el uso del lenguaje. Para ello, es necesario revisar investigaciones que se orientaron desde estas perspectivas para encaminar las conceptualizaciones y construcciones teóricas de modelos en el aprendizaje de las ciencias.

Al respecto, Moncada y Lozano<sup>6</sup> en su investigación simuladores virtuales como estrategia didáctica para el aprendizaje de la tabla periódica en cuarto año de Educación Media General, determinó la efectividad de una secuencia didáctica basada en simuladores virtuales para el fortalecimiento del proceso de enseñanza aprendizaje de la tabla periódica en estudiantes de Media General tomando como metodología de campo un enfoque cualitativo y de acción participativa. Para concluir que los simuladores virtuales se han convertido en un recurso didáctico alternativo de gran

importancia para el aprendizaje significativo de la tabla periódica en el área de la química. Esta investigación aporta elementos que llevan a comprender que existen otras formas y estrategias que se pueden emplear para construir el conocimiento, en el proceso de enseñanza aprendizaje de los estudiantes no solo en el área de química sino en las demás áreas del conocimiento.

En este contexto, Galvis,<sup>7</sup> estudio el uso del lenguaje coloquial como estrategia didáctica en la enseñanza de la química en el contexto educativo rural se convierte en un factor fundamental para que los estudiantes accedan al conocimiento desde su propia realidad, donde el lenguaje se convierte en el principal elemento o factor para comprender el significado de la ciencia química y demás ciencias en la construcción del conocimiento.

De este modo el lenguaje coloquial constituye una herramienta potencializadora dentro de los procesos de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, puesto que posibilita la articulación entre los nuevos conocimientos técnicos especializados, y los aspectos propios del entorno donde se desenvuelve el estudiante.

De la misma manera, un trabajo sobre Estrategias para mejorar el aprendizaje en las ciencias naturales en los alumnos de la tercera etapa de educación básica parroquia Rafael Pulido Méndez Vigía Estado Mérida, desarrollado por Guiza,<sup>8</sup> se basó en la investigación de campo con carácter descriptivo, con modalidad proyecto factible.

Determinó que un número significativo de docentes desconocen la importancia que tienen las ciencias naturales, para formar el espíritu científico del estudiante, e incentivar la interdisciplinariedad entre las demás áreas académicas. En este sentido, el estudio coincide con la investigación planteada, en el método que usa para la enseñanza de las ciencias naturales, puesto que los docentes de esta área no crean un ambiente ameno e innovador, para tratar la terminología científica y relacionarlos con los conocimientos que el estudiante trae a

la institución.

La educación en sus diferentes niveles y subniveles plantea diversas teorías y estrategias metodológicas, didácticas y lúdicas que inciden directamente en el proceso de enseñanza y aprendizaje que se genera en las aulas de clase entre el docente y el estudiante. Las cuales buscan fortalecer las experiencias y hacer el proceso educativo una cuestión motivacional que permita acceder al aprendizaje de manera efectiva.

### **Incidencia del lenguaje en el aprendizaje de la física**

La física como ciencia fundamentada en concepciones epistemológicas y técnicas, básicamente se sustenta en el uso de terminología especializada y científica, lo que en la mayoría de los casos dificulta la comprensión de los estudiantes, puesto que los mismos en sus procesos de socialización educativa se desenvuelven en un ambiente donde el lenguaje coloquial es base de su vida.

En este orden, el lenguaje coloquial constituye la base del dialecto que comúnmente las personas utilizan para comunicarse, sin atender a tecnicismos y vocabulario que el léxico académico impone en su proceso de formación, es de mencionar que el lenguaje coloquial es transmitido de padres a hijos, puesto que en las comunidades se usan como base de la comunicación familiar.<sup>9</sup>

Por esta razón el sistema educativo, dentro de su proceso de enseñanza aprendizaje, en las diferentes áreas del conocimiento y en específico en el área de física, debe buscar estrategias neurodidácticas que vinculen el lenguaje técnico especializado con el lenguaje coloquial.

De lo anterior, se deduce que en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la física la neurodidáctica permite construir o crear estrategias que vinculen diferentes aspectos en el proceso de formación, tales como: el lenguaje, estrategias, emociones, experiencias, tecnología y capacidades para la creación e innovación.

En consecuencia, de lo anterior se argumenta que el enfoque neurodidáctico en la enseñanza de la física constituye un factor fundamental puesto que permite implementar nuevas metodologías pedagógicas para la enseñanza de la física fundamentadas en los conocimientos sobre el funcionamiento del cerebro para diseñar estrategias más eficientes, que promuevan el desarrollo del cerebro, multisensorial para alcanzar un mejor aprendizaje. En este sentido, el desarrollo del lenguaje se orienta en un proceso secuencial, busca discriminar sonidos y características importantes del cerebro, en efecto existe relación entre diversos estímulos en contexto con el medio en que interactúa el estudiante y el docente, lo que lleva a la aplicación real del conocimiento mediante la verbalización.<sup>10</sup>

Desde los inicios de la sociedad, la población ha formado y construido formas y maneras de comunicación, donde el lenguaje constituye el principal elemento para el entendimiento y la transmisión de valores y conocimiento de generación en generación. Por tanto, el lenguaje coloquial constituye el principal factor de comunicación entre la familia y la comunidad con el cual se trasmite los diferentes aspectos de la vida.

Así, el lenguaje coloquial registra el modo de hablar que se usa en la vida común y cotidiana.<sup>11</sup> Lo que implica que es un tipo de lenguaje que no obedece a códigos, normas, valores sistemáticos y técnicos por lo que puede ser utilizado por el común de la gente sin ningún tipo de perjuicios.

Por su parte, el lenguaje técnico – científico es de tipo formalizado y técnico, puesto que obedece a normas y códigos académicos que le dan un estatus diferente a cualquier tipo de lenguaje, en este orden, el lenguaje científico está asociado a las ciencias que por razones lógicas y epistemológicas hacen uso de un lenguaje especializado para expresar e identificar el conocimiento.<sup>11</sup>

De ahí que el lenguaje científico no sea del acceso del común de la gente, para acceder al mismo es necesario indudablemente pasar por un proceso de formación académica.

Para establecer significado a la formación de estudiantes en la enseñanza de las ciencias naturales se ha caracterizado por el uso y memorización de un conjunto de teorías para aprobar los exámenes que en muchos casos han incidido en el fracaso y la resistencia de los estudiantes por el aprendizaje en estas áreas. Para esta mirada se considera el aprendizaje significativo como un proceso durante el cual una nueva información se relacionan con un aspecto relevante de la estructura cognitiva del aprendizaje.<sup>12</sup> En este sentido la esencia en el proceso significativo reside en que las ideas expresadas simbólicamente son relacionadas de modo sustancial con lo que el estudiante ya sabe.

Desde esta perspectiva, se puede señalar que para lograr un aprendizaje significativo del área de ciencias naturales, se deben seleccionar y aplicar estrategias y recursos de aprendizaje con un alto potencial significativo con la finalidad que el conocimiento pueda estar en conexión con la estructura cognitiva que posee el estudiante, es decir con la información que maneja con base a su experiencia y los conocimientos previos que ha adquirido en el medio socio cultural y familiar donde hace vida.

En este camino, los últimos años la neurociencia ha ocupado espacios trascendentales en los métodos y modelos de aprendizaje, puesto que la misma está relacionada con las formas y maneras de adquirir los conocimientos desde la estructura cognitiva del ser humano.

En este sentido es considerada como el conjunto de disciplinas científicas que estudia el sistema nervioso, para acercarse a la comprensión que regulan el control de las reacciones nerviosas y el comportamiento humano. Al definir la neurociencia como aquella área que se ocupa de estudiar la cognición como esa facultad que tienen los seres vivos de procesar información partiendo de la percepción, la experiencia y los rasgos subjetivos que nos ayudan a valorarlo.<sup>13</sup> De ahí que las decisiones que se toman se llevan a cabo en el cerebro, con lo cual se valora los potenciales resultados de las acciones, el esfuerzo requerido para

alcanzarlos. Para comprender los enfoques se requieren de reconocer la neurodidáctica como una ciencia constituyente de la pedagogía que se apoya en los conocimientos sobre el funcionamiento del cerebro para el diseño y construcción de estrategias que permitan mejorar metodologías más eficientes en el proceso de aprendizaje. Según Paniagua<sup>14</sup> la neurodidáctica está aportando un cambio de paradigma puesto que analiza las competencias que el cerebro tiene para la comprensión de la diversidad personal en el proceso de aprendizaje.

En este sentido se refiere que el docente asuma un nuevo rol y se prepare desde el enfoque de la neurodidáctica para impulsar un proceso modificador desde lo cognitivo que cambie su estructura y la práctica de enseñar, partiendo de la actividad cognitiva del cerebro. Al comprender el funcionamiento del cerebro humano se pueden enfocar en el diseño de formas y maneras de enfoque en los cuales se basa el funcionamiento cerebral para mejorar el aprendizaje de los estudiantes, considerando aspectos cognitivos y afectivos.

### **Proceso metodológico**

La investigación se desarrolló bajo el enfoque de investigación cualitativa con modalidad de campo bajo el diseño de investigación acción participante, que permite tanto al docente y al estudiante ser protagonista dentro del proceso. En consecuencia, de lo anterior, el estudio se desarrolló bajo el tipo de investigación acción participante, en vista que el investigador es parte activa de la muestra seleccionada, donde va compartir el mismo plan de trabajo o de acción los datos recogidos y contrastar los resultados analizados, con el objeto de poner en práctica correctivos que permitan mejorar las dificultades o problemas planteados.

En este sentido la investigación acción participante consiste en mejorar la práctica para generar conocimientos, permitiendo al (docente investigador) el compromiso de realizar una serie de procedimientos para lograr los objetivos planteados.

Dentro del proceso de acción participante

para el desarrollo de la investigación se pasó por diferentes fases: Diagnóstica se corresponde con el objetivo número uno, el cual permite realizar un diagnóstico sobre la población que fungió como muestra para el estudio, conformada por el docente de aula y los estudiantes de tercer año en el área de Física, apoyada por un proceso de observación sistemática en un período de tiempo determinado.

Este proceso de observación en los estudiantes en el ambiente de trabajo permitió evidenciar la situación problemática. Planificación se estructuran las estrategias con enfoque neurodidáctico y pedagógicas para abordar la situación evidenciada y darle solución, tomando en cuenta los diferentes aspectos (familia, emocional, cultura, comunidad y ambiente) que puedan intervenir en el proceso. En este sentido, se le da respuesta al objetivo dos que refiere la vinculación de estrategias que permitan relacionar ambos lenguajes para mejorar el aprendizaje de la física en los estudiantes de educación media general desde la neurodidáctica.

En progresión de las fases anteriores, Ejecución y Evaluación se colocan en práctica la construcción de estrategias para transformar la realidad evidenciada, como también se valoran los cambios y logros realizados por los estudiantes para mejorar las debilidades dentro del proceso de aprendizaje de la Física, por consiguiente se le da respuesta a lo planteado en el tercer objetivo, cuando refiere la valoración de los alcances de las estrategias de enseñanzas y o aprendizaje desarrolladas, con base a los procesos neurodidácticos para el aprendizaje de la física a través de la interrelación de los lenguajes (coloquial-técnico científico).

Y finalmente, la Sistematización permite reconstruir la experiencia durante el proceso de desarrollo de la investigación, para llegar a aportar recomendaciones útiles, en el proceso de enseñanza aprendizaje de la física, al involucrar el lenguaje coloquial con el especializado desde una visión neurodidáctica y neurocientífica. Igualmente, medir los alcances y logros de

**Tabla 1.** Unidad de análisis de los procesos desarrollados de acuerdo al plan de acción de la investigación.

Objetivos Específicos	Categoría	Subcategoría	Indicadores	Ítems	
				E	R
Diagnosticar la relación entre el lenguaje coloquial y el técnico especializado de la física de los estudiantes de tercer año en sus comunidades.	Lenguaje cotidiano y común	Semejanzas y metáforas. Confusiones conceptuales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unidades de medida de uso cotidiano.</li> <li>• Objetos físicos e instrumentos de uso cotidiano.</li> </ul>	1	1
				2	2
Diseñar estrategias que permitan relacionar el lenguaje coloquial y el técnico especializado en el aprendizaje de la física desde la neurodidáctica en estudiantes de tercer año Educación Media General.	Lenguaje técnico especializado	Aprendizaje de términos científicos. Construcción y apropiación del conocimiento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso adecuado de los términos físicos.</li> <li>• Definición de conceptos físicos.</li> <li>• Aplicación e interpretación de unidades de medida estándar.</li> </ul>	3	3
Valorar los alcances de las estrategias de enseñanza y/o aprendizaje con base en los procesos neurodidácticos en el aprendizaje de la física a través de la interrelación del lenguaje coloquial y el técnico especializado.	Aprendizaje de la física	Comprendión de los conceptos físicos. Habilidades en la resolución de problemas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprendión conceptual y habilidad para la resolución de problemas usando las unidades de medida.</li> </ul>	4	4
	Estrategias con enfoque neurodidáctico	Experiencia y manipulación basado en problemas. Desarrollo del pensamiento crítico (hacer, crear y sentir)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Creatividad y Motivación</li> </ul>	5	5

la investigación desde el análisis crítico y reflexivo, con el propósito de mejorar las condiciones técnicas, didácticas y tecnológicas en el proceso de aprendizaje de la física en las instituciones y la comunidad.

Para el desarrollo de la investigación se tomó como grupo focal de informantes a los estudiantes de tercer año de media general, constituido por 25 estudiantes, que según Gómez (2021) permite seleccionar directamente el grupo con el cual el docente revisa a diario la situación problemática y se determinan los sujetos investigados.

Esto indica que las diferentes o diversas actividades que se desarrollan en el aula, pueden arrojar evidencias que permitan determinar la existencia real de la problemática, más allá de un diagnóstico. Lo importante en este caso es la participación activa del docente como sujeto, conjuntamente con el grupo (informantes claves) seleccionado para obtener la

información, analizarla, interpretarla y sistematizarla.

Para el desarrollo de la investigación se empleó dos técnicas que determinan la existencia en el contexto real de la situación de la problemática planteada. En primer término, se realizó una observación sistemática en el ambiente de clase con los estudiantes. Razón de ello la observación aplicada al grupo focal seleccionado en la investigación en diferentes momentos, permitió evidenciar y detectar la situación problemática planteada.

Por otro lado, se utilizó la técnica de la entrevista en la cual los estudiantes entrevistaron a sus representantes con el objeto de registrar el lenguaje que ellos utilizan en sus quehaceres cotidianos, al momento de hacer uso de términos relacionados con la física. Para lo cual hicieron uso de un instrumento de cinco (05) preguntas, dirigidas a sus padres y representantes que

permitió determinar el uso del lenguaje que ellos le dan a los objetos, herramientas y alimentos relacionados con la ciencias naturales específicamente con la física, utilizando la tecnología (vídeo) y cuaderno de apuntes.

Los resultados obtenidos en la investigación serán registrados y analizados de manera descriptiva, de forma que ayuden a precisar la validez de la información en relación a el uso del lenguaje coloquial de los estudiantes en el aprendizaje de la física.

Para la cual se realizará un proceso de análisis e interpretación descriptiva de los resultados utilizando la triangulación como una técnica que permite cruzar la información desde diferentes posturas (observación sistemática, entrevista de los estudiantes, entrevista a los representantes y postura del docente), lo cual permitió llegar a un resultado confiable dando respuesta a los objetivos planteados (ver Tabla 1).

### **Análisis e Interpretación de resultados**

En este apartado, se presenta el análisis e interpretación de los resultados arrojados durante las técnicas e instrumentos aplicadas en el campo de estudio, esto con la finalidad de obtener la información precisa que permita alcanzar el objetivo de la investigación. En este orden, se muestra el análisis de resultados aplicado a los representantes y estudiantes de tercer año de educación media general, para la recolección de evidencias.

En la cual se emplearon la técnica de la entrevista y como instrumento guía de preguntas dirigida a los representantes. De igual manera se utilizó la técnica de observación sistemática y como instrumento una escala de valoración de la participación en clase, con los siguientes criterios (Excelente, Bueno, Regular y Mejorable). Así mismo, se utilizaron cuatro categorías, como son: lenguaje cotidiano y común, lenguaje técnico especializado, aprendizaje de la física y estrategias con enfoque neurodidáctico. Dirigidas a 25 estudiantes y representantes del nivel mencionado anteriormente.

### **Resultados arrojados en la Fase diagnóstica**

En esta fase se utilizó la observación sistemática dirigida a 25 estudiantes de tercer año de educación media general, con el fin de obtener información relevante sobre el lenguaje cotidiano y común que expresan los estudiantes de acuerdo a los temas o contenidos a desarrollar en el área de física.

### **Observación sistemática dirigida a los estudiantes**

De las intervenciones realizadas por los estudiantes en el aula de clase (Tabla 2), se registraron expresiones coloquiales como: kilo, chorrito, paca, bolsa, cantara, otros, que por lo general, es la forma de hablar del común de los habitantes de la comunidad en cualquier espacio, tiene alguna relación o son parte de la terminología científica y otras carecen de sentido para referirse hacia las ciencias, específicamente a la terminología y al lenguaje técnico especializado de la física, de allí que, el lenguaje cotidiano y común puede servir para crear el conocimiento a través de la experiencia y de las ideas o conceptos que los estudiantes en su estructura cognitiva poseen para iniciar el proceso de aprendizaje significativo, así mismo también puede crear confusiones en el aprendizaje de la física, ya que al tener una concepción errónea de algún término científico hace más difícil su comprensión y aprendizaje.

Considerando las de Bruner,<sup>14</sup> señala que el lenguaje es el mejor ejemplo de una tecnología potente, ya que se utiliza no sólo para comunicarse, sino también para representar, codificar y transformar la realidad. Así como el pensamiento intuitivo permite enseñar al niño la estructura fundamental de un tema, antes de que sea capaz para el razonamiento analítico. De acuerdo con lo expresado por el autor es a través del lenguaje donde se desarrolla la capacidad de pensar y comprender desde los conocimientos previos usando términos cotidianos que son indispensable para construir el aprendizaje y direccionar el lenguaje científico.

En el tabla 3, se evidenció que algunos estudiantes conocen los instrumentos que

**Tabla 2.** Unidades de medida de uso cotidiano.

Escala de valoración aplicada a los estudiantes			
Ítems N°1	Identifica la unidad de medida específica en su entorno		
Categoría	Subcategoría	Sujetos	Respuestas de estudiantes
Lenguaje cotidiano y común	Semejanzas y metáforas Confusiones conceptuales	25	Según la escala de valoración para la observación sistemática aplicada a los estudiantes de tercer año de Educación Media General. <ul style="list-style-type: none"> <li>Excelente: 2, Bueno: 4, Regular: 3, y Mejorable: 16</li> </ul>
Análisis de Respuestas emitidas por los estudiantes			
<ul style="list-style-type: none"> <li>E: 2,6, Si identifican la unidad de medida física específica en su entorno cotidiano de forma detallada y coherente y demuestran una comprensión profunda.</li> <li>E: 1,5,8,10 Identifican la unidad de medida física en su entorno pero no explican con detalle la misma.</li> <li>E: 4,17,21 identifican la unidad de medida física pero no hay seguridad al momento de expresar sus ideas.</li> <li>E: 3,7,9,11,12,13,14,15,16,18,19,20,22,23,24,25 no lograron identificar una unidad de medida ni la relacionan con su entorno y las confunden con las magnitudes físicas.</li> </ul>			
Respuestas individuales por estudiante:			
<ul style="list-style-type: none"> <li>E1: metro, gramo y horas</li> <li>E2: kilogramo, gramos, litros, metros, minutos, segundos, Celsius, centímetros, hora. Estas unidades se usan para medir la masa de un cuerpo, la longitud de un punto a otro, el tiempo que tarda un fenómeno, el volumen y la temperatura de un cuerpo en específico.</li> <li>E4: La unidad que se mide con kilómetros</li> <li>E5: kilogramo, metro, hora</li> <li>E6: Las unidades de medida que usamos en nuestra entorno son: Metros y kilómetros para medir distancias, litros para medir volumen, los minutos y segundos para medir el tiempo, los gramos para medir la masa de los cuerpos.</li> <li>E7: La unidad de medida de la masa de hacer arepas se usa un chorrito o un triz.</li> <li>E8: Masa el gramo, longitud el metro y tiempo los segundos</li> <li>E10: Los metros, kilómetros, gramos, centímetros, segundos, días, minutos</li> <li>E12: Masa, tiempo, longitud</li> <li>E13: Masa, volumen, tiempo, Longitud</li> <li>E14: Masa, volumen, tiempo y longitud</li> <li>E16: No sé</li> <li>E17: La masa y se mide con el peso y en kilos</li> <li>E18: Masa, tiempo, longitud</li> <li>E19: Masa, longitud, tiempo</li> <li>E21: Kilómetro, kilogramo, metro</li> <li>E22: m<sup>2</sup>, también el volumen que se mide a través de cantaras y la masa en bolsa de kilo</li> <li>E23: Tiempo, la masa se pesa en kilo, en pacas</li> <li>E3, E9, E11, E15, E20, E24 y E25: No respondieron.</li> </ul>			

Descriptores: E= Estudiante.

usan para medir las magnitudes físicas en su entorno cotidiano, entre los que mencionan: el metro, la cinta métrica, la balanza, el reloj, el cronómetro y el termómetro, además explican cuál es su respectivo uso. Así mismo, otros estudiantes tienen concepciones equivocadas, ya que mencionan, confunden los instrumentos de medidas para magnitudes físicas con algunos objetos o herramientas de trabajo (aperos, artículos de cocina, teléfono, máquinas, otros) que

no corresponden a los instrumentos que nos permiten comparar y cuantificar las magnitudes físicas. De acuerdo a Hinojosa y Sanmartí,<sup>15</sup> señalan que los instrumentos son importantes en la construcción de conocimientos significativos, y desarrollan su capacidad para planear, organizar, ejecutar y autocriticar el trabajo de investigación que se han propuesto. Al mismo tiempo, reconocen el rol clave que tiene la comunicación oral y escrita como

trabajo en equipo, siempre los estudiantes necesitan tener experiencia directa con los fenómenos que están estudiando.

De acuerdo a la primera categoría lenguaje cotidiano y común, la cual consta de dos indicadores del instrumento aplicado a los estudiantes, como, unidades de medida y objetos físicos e instrumentos de uso cotidiano. En la que se realizaron dos interrogantes relacionadas con el lenguaje que usan para identificar algunos términos físicos (unidades de medida) y los instrumentos que manipulan para medir

objetos físicos en su entorno cotidiano. Considerando las respuestas dadas por los estudiantes durante el desarrollo de los dos primeros encuentros de clase, se evidenció que la mayoría de ellos no poseen una percepción clara al expresar sus conocimientos previos sobre términos científicos relacionados a la física como ciencia. Asimismo, según Ausubel<sup>16</sup>, indica “el aprendizaje significativo resalta la importancia en los puentes o relaciones cognitivas, es decir lo que el niño ya sabe y lo que debe saber y no así en lo memorístico”. Desde esta perspectiva, es

**Tabla 3.** Instrumentos de medida de uso cotidiano.

Escala de valoración aplicada a los estudiantes			
Ítems N°2	Conoce los instrumentos adecuados para medir magnitudes físicas (longitud, masa, tiempo, otras) en su entorno cotidiano.		
Categoría	Subcategoría	Sujetos	Respuestas de estudiantes
Lenguaje cotidiano y común	Semejanzas y metáforas Confusiones conceptuales	25	• Excelente: 3, Bueno: 6, Regular: 5, y Mejorable: 11
Análisis de Respuestas emitidas por los estudiantes			
<ul style="list-style-type: none"> <li>E: 2,6,7 Identificaron y describieron correctamente los instrumentos de medida de uso cotidiano de acuerdo a las magnitudes sugeridas (longitud, masa, capacidad, temperatura y tiempo).</li> <li>E: 1,3,9,10,21,24 Identificaron correctamente algunos de los instrumentos de uso cotidiano de acuerdo a las magnitudes sugeridas (longitud, masa y tiempo, otros).</li> <li>E: 4,8,13,17,22 Identificaron y describieron solo un instrumento de medida de uso cotidiano de acuerdo a las magnitudes sugeridas.</li> <li>E: 5,11,12,14,15,16,18,19, 20,23, 25. No lograron identificar los instrumentos de medida de uso cotidiano y los confundieron con herramientas, utensilios o aperos de trabajo.</li> </ul>			
Respuestas individuales por estudiante:			
<ul style="list-style-type: none"> <li>E1: Longitud: una regla ó cinta métrica, Masa: un balanza, Tiempo: un cronometro o reloj. Temperatura: un termómetro.</li> <li>E2: los instrumentos que se utilizan para medir las magnitudes físicas son: para la Longitud el metro, para la masa la balanza, para la temperatura el termómetro, para el volumen el cilindro graduado, para el tiempo el cronometro o el reloj.</li> <li>E3: Masa se mide con el peso, la longitud con metros, el tiempo con el reloj, la temperatura con termómetro.</li> <li>E4: Masa: todo lo que se puede tocar, se mide con la balanza.</li> <li>E6: Para medir Longitud se usa el metro. La Masa se usa el peso o balanza. El reloj es utilizado para medir el tiempo. Y para la Temperatura el Termómetro. Todos estos instrumentos son importantes porque nos ayudan a determinar las medidas de distintas magnitudes físicas.</li> <li>E7: Longitud es medida con el instrumento llamado metro. La Masa es medida con la balanza y el peso, el tiempo con el cronometro o reloj, la temperatura con el termómetro los cuales nos dan medidas precisas de lo que queremos medir.</li> <li>E8: La masa se mide con balanza y el peso</li> <li>E9: Longitud el metro. La Masa la balanza. El tiempo el reloj, la Temperatura el Termómetro.</li> <li>E10: Longitud: metro, Masa: peso, Tiempo: reloj</li> <li>E11: masa: una taza, longitud un codo o tubo, tiempo el reloj</li> <li>E13: El tiempo lo medimos con un reloj para saber la hora.</li> <li>E14: Un tobo, peso, regla.</li> <li>E15: El peso, la regla, la mesa, taza</li> <li>E16: cubo, metro, valde, bomba.</li> <li>E17: Longitud se mide con el metro para medir distancia.</li> <li>E18: Masa: kilo, litros, horas y centímetros.</li> <li>E19: los instrumentos por ejemplo una gandola, un camión, llaves de herramientas para echar mecánica y para veterinario jeringas, agujas, guantes, entre otros.</li> <li>E20: Longitud se mide con una regla, Masa: se mide con una romana, Tiempo: con el celular</li> <li>E21: Tiempo: cronometro, Temperatura: termómetro, Masa: peso, Longitud: metro o regla.</li> <li>E22: Longitud el metro es el instrumento que usamos.</li> <li>E23: L: un cabuya, M: peso de cocina, T: el reloj, TM: termómetro.</li> <li>E24: Longitud: cinta métrica, Masa: peso, Tiempo: cronometro, reloj.</li> <li>E25: cuchara, teléfono, metro, reloj, cantara y bomba esos.</li> <li>E5 y E12: no respondieron.</li> </ul>			

Descriptores: E= Estudiante.

fundamental conocer los conocimientos previos y el lenguaje cotidiano que expresan los estudiantes para referirse a los términos físicos, siendo esto importante para facilitar el aprendizaje y la comprensión de los mismos y el adecuado uso del lenguaje técnico especializado para construir el nuevo conocimiento.

De acuerdo a las opiniones expresadas por

los estudiantes (Tabla 4) se pudo observar que existen confusiones al relacionar los lenguajes para referirse a los términos físicos, por ejemplo términos como: la masa la definen como la masa muscular, la masa de hacer arepa, y que es lo que tiene un peso. La fuerza como la fuerza que tiene cada persona. La temperatura como la temperatura de los seres humanos, otros. Debido a

**Tabla 4.** Uso de términos científicos, aplicación e interpretación de unidades de medidas estándar.

Escala de valoración aplicada a los estudiantes			
Ítems N°3	Relaciona el lenguaje coloquial con el lenguaje técnico especializado en el uso de términos físicos, definición de conceptos, aplicación e interpretación de unidades de medida estándar		
Categoría	Subcategoría	Sujetos	Respuestas de estudiantes
Lenguaje técnico científico	Aprendizaje de términos científicos. Construcción y apropiación del conocimiento.	25	<ul style="list-style-type: none"> <li>Excelente: 4, Bueno: 6, Regular: 4, y Mejorable: 11</li> </ul>
Análisis de Respuestas emitidas por los estudiantes			
<ul style="list-style-type: none"> <li>E: 3,7,16,24 vinculan claramente los términos coloquiales con los términos físicos especializados y definen los mismos haciendo uso del lenguaje técnico especializado, interpretando correctamente las unidades de medida estándar para los términos físicos diferenciándolos de las expresiones coloquiales.</li> <li>E: 1,5,9,11,21,25 vinculan claramente algunos términos coloquiales con los términos especializados y definen algunos conceptos físicos haciendo uso del lenguaje técnico especializado e interpretan de forma adecuada las unidades de medida estándar, pero se les dificulta diferenciarlos del lenguaje coloquial</li> <li>E: 2,6,13,22 vinculan con limitaciones o algunas confusiones los términos físicos especializados, sin hacer analogías entre ambos lenguajes, además las definiciones de términos son incompletas y muestran dificultad para interpretar las unidades de medida estándar.</li> <li>E: 4,8,10,12,14,15,17,18,19, 20,23 No logran vincular los términos coloquiales con los términos físicos especializados, sus definiciones en los conceptos son incorrectos, además no interpretan las unidades de medida estándar.</li> </ul>			
Respuestas individuales por estudiante:			
<ul style="list-style-type: none"> <li>E1: Masa: es todo objeto que tiene un peso. Longitud: la distancia de un móvil a otro móvil. Tiempo: el tiempo que recorre un objeto a otro. Materia: todo que ocupa un espacio.</li> <li>E2: Masa: peso, Longitud: metros, Tiempo: reloj. Materia</li> <li>E3: Masa es todo lo que tiene forma, dimensión y volumen. Tiempo: el intervalo de tiempo, es relativo, es donde sucede la acción de movimiento. Materia: es todo lo que ocupa un lugar en el, siendo materia viva o inerte.</li> <li>E4: Masa: es una masa de arepa. Tiempo: es para estudiar. Temperatura: es cuando hace mucho sol. Calor: puede ser cuando uno está al lado del fogón le da calor.</li> <li>E6: Longitud: la longitud es la distancia que hay de un punto a otro. Materia: es todo aquello que tiene masa y que ocupa un lugar en el espacio.</li> <li>E8: La física es una materia que se mezcla con matemática. La magnitud es algo pesa, la unidad de medida es la medida que uno toma. La masa muscular y la masa de comer. La fuerza que tengo mi persona. La temperatura es la fiebre, calor es la que nos absorbe.</li> <li>E10: Masa: es todo aquello que ocupa un determinado peso. Materia: es todo lo que nos rodea.</li> <li>E14: Masa: es la masa muscular de un ser vivo o la masa molecular. Longitud: es el punto de llegada a otro.</li> <li>E15: La masa es todo aquello que ocupa un lugar en el espacio. Longitud: es aquello que se puede medir constantemente. Tiempo: es un tiempo constante con rapidez.</li> <li>E18: La materia es todo aquello que nos rodea</li> <li>E20: La longitud: son como los objetos que nos rodea</li> <li>E21: La materia es todo aquello que nos rodea, la fuerza es la fuerza de una persona.</li> <li>E23: Masa es todo lo que se puede pesar. Longitud: no sé cómo describirlo, pero un ejemplo son los km, m, etc. Materia es todo lo que nos rodea, y que ocupa un lugar en el espacio.</li> <li>E24: La masa es todo aquello que tiene un cuerpo y peso. Materia es todo lo que nos rodea</li> <li>E25: La masa es como la de arepa y se pesa. La temperatura es como la de los seres humanos.</li> <li>E5, E7, E9, E11, E12, E13, E16, E17, E19 Y E22: no respondieron.</li> </ul>			

Descriptores: E= Estudiante.

ello, la vinculación del lenguaje coloquial y el lenguaje técnico especializado es fundamental en el desarrollo y comprensión de los términos físicos, razón por la cual, es necesario que exista una interacción entre ambos lenguajes para construir el aprendizaje significativo en los estudiantes, ya que ambos son importantes para describir los fenómenos o acontecimientos físicos.

En este contexto, el significado de los términos utilizados para designar los conceptos científicos depende de la teoría científica o del marco conceptual en el que son elaborados y, por lo tanto, pueden estar sujetos a cambios de significado.<sup>17</sup> Así mismo, se vincula un concepto a la percepción más inmediata y luego se lo relaciona con otros y en el contexto de las teorías.

Así, cuando un estudiante se encuentra por primera vez frente a un término de la física que ya usa en su lenguaje habitual, necesariamente establece una vinculación con el significado que conoce. De acuerdo a lo señalado anteriormente por los autores, existen muchas incomprensiones y malos usos de los términos que designan conceptos de la física, para la cual, es importante que los estudiantes mejoren el lenguaje al referirse a los términos científicos vinculándolos a su entorno cotidiano.

En cuanto a la categoría de lenguaje técnico científico, la misma está compuesta por tres indicadores, tales como uso adecuado de los términos físicos, definición de conceptos físicos y aplicación e interpretación de unidades de medida estándar, formulando la pregunta con relación entre el lenguaje coloquial y el lenguaje técnico especializado en el uso, definición, aplicación e interpretación de las unidades de medida.

Con respecto a lo expresado por los estudiantes, se evidenció que existe falta de concordancia en las respuestas, así como también respuestas erradas que carecen de sentido y sin relación a la terminología científica de la física, profundizando es una habilidad cognitivo lingüística básica y de menor complejidad que fundamentar o argumentar.<sup>17</sup> Muchos estudiantes son

capaces de encontrar diferencias en los significados de los términos en contextos distintos (cotidiano y de la física) pero no logran establecer el significado de manera correcta en ninguno de los dos contextos.

Se observa una gran dificultad para construir definiciones, es decir, expresar características necesarias y suficientes para que un concepto no se pueda confundir con otro, con ayuda de otros términos que se supone ya conocidos. Resulta comprensible la dificultad de establecer una definición en el contexto cotidiano para los términos de la física ya que, como muchos estudiantes señalan, se utilizan indistintamente términos distintos (específicos de la física y no) para referir una misma noción o un mismo término para referir noción muy diversas. Pero resulta más llamativa la dificultad en la construcción de definiciones en el ámbito de la física.

En función de lo presentado en la tabla 5, el uso de conceptos físicos usando las medidas físicas, se evidencio que existen debilidades en la comprensión de conceptos para la resolución de problemas, ya que confunden las unidades de medida correspondientes a las magnitudes físicas y presentan dificultades al momento de dar solución al ejercicio planteado.

Razón por la cual, es importante que los estudiantes analicen, comprendan e identifiquen los conceptos físicos relacionados a las magnitudes físicas y los vinculen en su vida cotidiana, y así se les facilite el uso de ellos, cuando se manifiesten problemas, dando respuesta de forma práctica a lo aprendido en su comunidad. Por lo tanto, el valor de una comprensión profunda de los conceptos y los principios radica en aplicarlos flexiblemente a la solución de problemas. Las aseveraciones anteriores conducen a la necesidad de buscar propuestas que ayuden a los estudiantes a desarrollar habilidades para la solución de problemas y faciliten la comprensión conceptual.<sup>18</sup>

Lo expresado por el autor, hace mención a la búsqueda de que los estudiantes puedan resolver problemas y mejoren sus

**Tabla 5.** Resolución de problemas usando las medidas físicas de su entorno.

Escala de valoración aplicada a los estudiantes			
Ítems N°4	Comprende los conceptos físicos y demuestra habilidad para la resolución de problemas usando las medidas físicas en su entorno		
Categoría	Subcategoría	Sujetos	Respuestas de estudiantes
Aprendizaje de la física	Comprensión de conceptos físicos Habilidades para la resolución de problemas	25	<ul style="list-style-type: none"> <li>Excelente: 0, Bueno: 0, Regular: 0, y Mejorable: 25</li> </ul>
Análisis de Respuestas emitidas por los estudiantes			
<ul style="list-style-type: none"> <li>E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9, E10, E11, E12, E13, E14, E15, E16, E17, E18, E19, E20, E21, E22, E23, E24 y E25: Los estudiantes no respondieron, presentando debilidades en la comprensión de los conceptos físicos, lo que dificultó la resolución de problemas planteados usando las unidades de medida.</li> </ul>			

Descriptores: E= Estudiante.

habilidades de razonamiento, así mismo desarrollen la comprensión a profundidad de los conceptos y principios dados para ponerlos en práctica a lo largo de su vida, los cuales se conviertan en el lenguaje que usen para aprender y para hacer física.

Se detalla que algunos estudiantes participaron en las actividades creativas y la experimentación les ayuda a desarrollar la capacidad de comprender los términos físicos y adquirir nuevos conocimientos de forma creativa (ver Tabla 6). Por otra parte hay quienes poseen debilidades y muestran desinterés a las actividades didácticas y prácticas (experimentos), las cuales desarrollan la creatividad, la motivación, la comprensión y facilitan el aprendizaje en el área de la física, esto hace que se les dificulte distinguir los diferentes términos estudiados, ya que es fundamental que comprendan el significado y la aplicación de los mismos de acuerdo a sus necesidades durante el proceso de aprendizaje.

Por consiguiente, se debe favorecer la creatividad, en cada proceso de aprehensión de los conocimientos, esto potencia el pensamiento crítico y abstracto, así mismo la capacidad de resolver problemas en diferentes contextos tanto escolares como sociales.<sup>19</sup> Razón por la cual, se busca que el estudiante sea más creativo y esté más motivado a la adquisición de conocimientos para lograr un aprendizaje significativo.

Como sostiene el autor, la creatividad y motivación son fundamentales para

fomentar el aprendizaje práctico de las ciencias específicamente en la física, ya que permiten a los estudiantes desarrollar habilidades para la reflexión personal y comprensión del área.

### Resultados de la Entrevista a los Representantes

En consecuencia, la tabla 7, describe que las expresiones coloquiales que utilizan al referirse al oficio que desempeñan carecen de sentido científico y técnico, aunque tienen la idea en el lenguaje cotidiano, siendo la forma de hablar del común de los habitantes de la comunidad, lo cual para ellos tienen un significado de acuerdo a la experiencia, siendo importantes para el aprendizaje de sus hijos para futuras tareas u oficios.

Es importante, destacar lo indicado tanto por Mosquera y Aroca<sup>20</sup> como de Gerdes,<sup>21</sup> han explorado las matemáticas implícitas en las labores cotidianas, evidenciadas en actividades; además indican que cada cultura en sus aspectos sociales tiene su propia matemática, esto implica sus capacidades para contar, medir, estimar, orientar el tiempo – espacio, reconocer formas. De acuerdo con los autores las formas de realizar las medidas a las distintas magnitudes físicas en la cotidianidad en muchos casos son por estimación de acuerdo a la percepción que la persona posee, esto ocurre porque en muchos casos se carece de los instrumentos acordes para realizar dedicas medidas.

**Tabla 6.** La creatividad y motivación para la aplicación de conceptos físicos.

Escala de valoración aplicada a los estudiantes			
Ítems N°5	¿Cree que los experimentos y las actividades creativas les ayudaría a comprender mejor la física?. ¿Por qué?		
Categoría	Subcategoría	Sujetos	Respuestas de estudiantes
Estrategias con enfoque neurodidáctico	Experiencia y manipulación basadas en el aprendizaje Desarrollo del pensamiento crítico (hacer, crear y sentir)	25	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Excelente: 3, Bueno: 5, Regular: 8, y Mejorable: 9</li> </ul>
Análisis de Respuestas emitidas por los estudiantes			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• E: 1,3,25 Los experimentos y las actividades creativas les desarrollan la capacidad y habilidad para el aprendizaje a través de la creatividad, la cual los motiva a seguir explorando y creando de nuevos conocimientos.</li> <li>• E:4,5,15,19,22 Los experimentos y las actividades creativas les ayudaría a comprender mejor los conceptos físicos.</li> <li>• E: 8,9,10,11,12,14,21,23 Los experimentos y las actividades creativas les facilita aprender física de una forma práctica.</li> <li>• E: 2,6,7,13,16,17,18,20,24 Presentan debilidades y desinterés careciendo de motivación y creatividad en el proceso de aprendizaje.</li> </ul>			
Respuestas individuales por estudiante:			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• E1: Si, porque al ejercitarse la mente con actividades fomenta el aprendizaje de manera efectiva.</li> <li>• E3: Si, porque el cerebro trabaja mejor con la creatividad y la experimentación.</li> <li>• E4: Si, porque nos ayuda a descubrir cosas nuevas y a aprender las cualidades de la física.</li> <li>• E5: Si, ya que se podría comprender mejor y sería más interesante.</li> <li>• E8: Si, con la experimentación se comprende en aprender mejor que con los exámenes.</li> <li>• E9: Si, porque es una forma más creativa y divertida para aprender</li> <li>• E10: Si, porque con experimentos se puede lograr entender la física como tal.</li> <li>• E11: Si es muy importante porque nos ayuda a entender mejor.</li> <li>• E12: Si porque los ayudaría a comprender la física mucho mejor.</li> <li>• E14: Si nos ayudaría porque a veces un examen o algo así estresa o no presta tanta atención como lo prestaría a un experimento.</li> <li>• E15: Si nos ayudaría porque con actividades, laboratorios, experimentos, nos ayudarán a mejorar nuestras habilidades en la física.</li> <li>• E19: Si, porque ya que es una actividad creativa hace que nos interesemos más en el tema para poderla comprender mejor y creo que ayuda a aprender mejor.</li> <li>• E21: Si en las prácticas de laboratorio, y nos facilita al entender y comprender y nos ayuda mucho la verdad.</li> <li>• E22: Porque permite que el cerebro preste y retenga más información fácilmente.</li> <li>• E23: Pues sí, la comprende mejor y se le hace más fácil.</li> <li>• E25: Si, porque estaríamos fortaleciendo la materia de formas diferentes y sería más activa experimentando y adquiriendo nuevos conocimientos.</li> <li>• E7 y E20: Si.</li> <li>• E2, E6, E13, E16, E17, E18, E24: No respondieron.</li> </ul>			

Descriptores: E= Estudiante.

Se observó que los encuestados confunden los instrumentos de medida estándar con los objetos que utilizan en sus labores diarias, por ejemplo una bomba de veinte litros, otros (ver tabla 8). Esto hace que sus hijos internalicen de manera equivocada esas concepciones y la trasladen a las aulas de clase; en este orden, los instrumentos son herramientas específicas, diseñadas para medir una magnitud física, la cual

consiste en asignar números a objetos o eventos siguiendo reglas. Es decir, que todo instrumento de medir posee una medida estándar, lo que significa que de allí se parte para conocer y apropiarse de los instrumentos adecuados para usarlos en el aula de clases, en el laboratorio.<sup>22</sup>

En el tabla 9, se reconoce que las medidas como herramientas conceptuales, las

**Tabla 7.** Unidades de medida de uso cotidiano.

<b>Escala de valoración aplicada a los representantes</b>			
Ítems N°1	¿Qué unidades de medida usa en el oficio que desempeña en su vida cotidiana?		
Categoría	Subcategoría	Sujetos	Contexto laboral – familiar
Lenguaje cotidiano y común	Semejanzas y metáforas Confusiones conceptuales	25	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Agricultores</b> (10), <b>Albañiles</b> (5), <b>costureras</b> (5), <b>Amas de casa</b> (5).</li> </ul>
<b>Análisis de respuestas emitidas por los representantes</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Agricultores:</b> Coinciden que hacen uso de las unidades de medida para la siembra de hortalizas, mencionando algunas expresiones coloquiales como: kilos, sacos, maletas, bombadas, chorrito, tonel, cantaras, palmo, horcón, otros.</li> <li><b>Albañiles:</b> usan unidades de medida para la construcción, mencionando algunos términos como: cocha, cinta, cuerda, escuadra, nivel, arena, piedra, cemento, metro, pacas, bloque, paladas, potes, tobos de granzón, volteo, kilos, otros.</li> <li><b>Costureras:</b> usan expresiones para referirse a las unidades de medida en su oficio como: se mide de cintura a cintura, el largo de la manga, el patrón, el ancho y el largo, el palmo, la medida de la nuca, otros.</li> <li><b>Amas de Casa:</b> en sus labores diarias hacen uso de las unidades de medida refiriéndose a: poquito, chorrito, triz, pizca, tazas, cucharadas, gota, kilo, mitad, migajita, puñado, puñadito, pedazo, puchito, cucharón, otros.</li> </ul>			

**Tabla 8.** Instrumentos de medida de uso cotidiano.

<b>Escala de valoración aplicada a los representantes</b>			
Ítems N°2	¿Qué instrumentos de medida usa en el oficio que desempeña a diario?		
Categoría	Subcategoría	Sujetos	Contexto laboral – familiar
Lenguaje cotidiano y común	Semejanzas y metáforas Confusiones conceptuales	25	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Agricultores</b> (10), <b>Albañiles</b> (5), <b>costureras</b> (5), <b>Amas de casa</b> (5).</li> </ul>
<b>Análisis de respuestas emitidas por los representantes</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Agricultores:</b> en sus labores diarias hacen uso de los instrumentos de medida en su oficio como: bomba para fumigar, picos, garabatos, arado, surco para separar la siembra, tractor, manguera, escardilla, pico, machete, rastrillo, otros</li> <li><b>Albañiles:</b> en sus labores diarias para la construcción utilizan: nivel, tobó, carretón, balustre, cuchara, palas, martillo, alicate, tenaza, cincel, metro, otros.</li> <li><b>Costureras:</b> en sus labores diarias hacen uso de los instrumentos de medida como: la cinta métrica, el patrón regla, tijera, maquina, otros.</li> <li><b>Amas de Casa:</b> en las labores diarias hacen uso de los instrumentos de medida como: cuchara, olla, cucharón, jarra, taza, molde, otros.</li> </ul>			

**Tabla 9.** Uso de términos científicos, aplicación e interpretación de unidades de medidas estándar.

<b>Escala de valoración aplicada a los representantes</b>			
Ítems N°3	¿Cree que existe comparación entre las medidas de longitud y masa, por qué?		
Categoría	Subcategoría	Sujetos	Contexto laboral – familiar
Lenguaje técnico especializado	Aprendizaje de términos científicos. Construcción y apropiación del conocimiento.	25	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Agricultores</b> (10), <b>Albañiles</b> (5), <b>costureras</b> (5), <b>Amas de casa</b> (5).</li> </ul>
<b>Análisis de Respuestas emitidas por los representantes</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Agricultores:</b> si existe comparación entre las medidas de longitud y masa porque se usan para medir por ejemplo el terreno que se va a sembrar, la distancia entre surcos, y el peso de la cosecha, ya sea por kilos, paquetes, cestas o sacos.</li> <li><b>Albañiles:</b> si porque con las unidades de medida de longitud se mide la cantidad de materiales que se van a usar, por ejemplo los metros de arena y la masa por pacas de bloques.</li> <li><b>Costureras:</b> si existe comparación una se utiliza para medir los metros de tela que se van a usar o cortar para hacer una prenda, en relación a la masa se puede medir el peso de los accesorios, relleno que se va utilizar para la prenda.</li> <li><b>Amas de Casa:</b> si porque la longitud y la masa son diferentes, ya que la longitud se toma en metros y la masa en kilos.</li> </ul>			

cuales permiten interpretar, analizar y generar lenguaje de manera precisa, haciendo comparaciones entre la longitud y la masa. Así mismo, el uso de medidas como herramientas conceptuales refleja su importancia para transformar el mundo, pasando de un cumulo de experiencias y observaciones a un conjunto de datos cuantificados y organizados.

Esto nos da el poder de manipular y entender la realidad de una manera más profunda y controlada. En este contexto se tiene la principal diferencia en las definiciones de estos términos masa y longitud radica en la perspectiva teórica. La física clásica, con autores como Newton, ve la masa y la longitud como magnitudes absolutas e invariantes.<sup>22</sup> En otras palabras, los conceptos de magnitud y medición, en la perspectiva del desarrollo de habilidades científicas aplicadas a los estudiantes les permite adquirir competencias en trabajos relacionados con la ciencia en su vida diaria.

En este análisis de la tabla 10, convergen en que las unidades de medida físicas son importantes en la cotidianidad para la solución de problemas y por ende las mismas son necesarias en el proceso de enseñanza y aprendizaje, así mismo el en uso de los lenguajes tanto coloquial como técnico científico.

Por un lado, la resolución de problemas es una de las estrategias más utilizadas por los profesores de ciencias, tanto

durante la instrucción como en la etapa de evaluación,<sup>23</sup> además, se consideran un conjunto de procedimientos específicos para los problemas físicos, que incluyen la identificación del problema, la representación gráfica, o esquemática, y la búsqueda de situaciones de la vida real para vincular el contenido físico con el entorno del estudiante.<sup>9</sup>

En fundamento de la categoría Estrategias con enfoque neurodidáctico, al preguntar a los representantes, coinciden que facilita el aprendizaje de forma contextualizada, que lleva lo significativo de los procesos. Se concluye que los mismos consideran que las estrategias son acordes a nivel de aprendizaje de sus hijos, porque los prepara para el trabajo, despierta la curiosidad, y les permite buscar la solución a los problemas de la vida y de su entorno. Así mismo las estrategias son herramientas que contribuyen en el desarrollo de la creatividad, motivación, pensamiento crítico, resolución de problemas, la toma de decisiones y el logro del aprendizaje significativo de los términos físicos expresados en los diferentes tipos de lenguaje.

En este sentido, las estrategias conocidas como proyecto de aprendizaje, es un modelo pedagógico colectivo basado en que, mediante la interacción los participantes construyen sus propios conocimientos significativos 5, 14, 16. En este sentido, la contribución de los autores mencionados es fundamentales para comprender que

**Tabla 10.** Resolución de problemas usando las medidas físicas de su entorno.

Escala de valoración aplicada a los representantes			
Ítems N°4	¿Considera que el estudio de las unidades de medida físicas es importante para resolver problemas en su comunidad? ¿Por qué?		
Categoría	Subcategoría	Sujetos	Contexto laboral – familiar
Aprendizaje de la física	Comprensión de conceptos físicos Habilidades para la resolución de problemas	25	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Agricultores (10), Albañiles (5), costureras (5), Amas de casa (5).</i></li> </ul>
Análisis de Respuestas emitidas por los representantes			
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Agricultores:</b> si porque en nuestro día a día se trabaja con ellas, están por todos lados.</li> <li><b>Albañiles:</b> si es importante que se les enseñe a los estudiantes porque en cada trabajo que se hace se usan para medir, pesar, otros.</li> <li><b>Costureras:</b> si es importante porque en nuestra vida cotidiana las usamos, y es necesario que ellos las aprendan a usar.</li> <li><b>Amas de Casa:</b> si es necesario que se enseñen porque las unidades de medida se usan en todo lo que hacemos día tras día.</li> </ul>			

el aprendiz lograra el aprendizaje nuevo a partir de sus conocimientos previos y de su disposición afectiva, lo que genera un aprendizaje verdadero y con sentido (significativo) lo que influye en la creatividad y motivación del estudiante.

### **Fase de Planificación, Ejecución y Evaluación**

Considerando lo encontrado en el diagnóstico aplicado a los informantes claves (estudiantes, representantes), se organizó y diseñó la siguiente planificación enfocada en estrategias con orientación neurodidáctica para promover relaciones entre el lenguaje cotidiano y común con el lenguaje técnico científico para el aprendizaje de la física, específicamente el sistema de medición. Para la cual se diseñó la planificación a través de una hoja de ruta lo siguiente:

#### **Hoja de ruta para el aprendizaje de la física con un enfoque neurodidáctico**

La hoja de ruta didáctica permite establecer los objetivos y las acciones para la investigación. Para ello, la hoja de ruta es un material educativo que no solo nos permite expresar las intencionalidades de la enseñanza en relación a los contenidos a

enseñar sino que también refleja un camino a seguir, orienta a los/as estudiantes sobre la forma de abordar la clase<sup>24</sup>. A continuación se elaboró una hoja de ruta didáctica que entre sus elementos están acciones, propósitos, estrategias didácticas, y tiempo (Ver tabla 11).

De acuerdo a cada acción presentada anteriormente se procedió a diseñar las unidades de interacción diaria organizadas a partir de las potencialidades y habilidades a desarrollar en cada momento, para la cual se consideraron tres acciones estructuradas de la siguiente manera. Área de formación, referente teórico - práctico, actividad, inicio, desarrollo, cierre, estrategia de evaluación, técnica, instrumento, indicadores. En este apartado se describen las unidades de interacción diaria, junto a las acciones desarrolladas considerando los resultados obtenidos en la fase diagnóstica:

#### **Unidad de interacción diaria 1.**

En esta primera unidad se abordaron referentes teóricos como la medición como proceso básico de la ciencia: La Medición. Magnitudes, Tipos, Unidades, Sistema de Unidades, instrumento para el desarrollo, producción y tecnología de acuerdo a las necesidades sociales transformación

**Tabla 11.** Hoja de ruta para el aprendizaje de la física con un enfoque neurodidáctico.

Acciones didácticas	Propósitos	Estrategias didácticas	Tiempo
El sistema de medida a través del uso del lenguaje cotidiano y científico como proceso de investigación Estrategias con enfoque neurodidáctico en el proceso de aprendizaje de las unidades de medida.	Establecer diferencias conceptuales entre los tipos de lenguaje para la compresión de las unidades de medida. Identificar las debilidades que se tienen sobre el aprendizaje de la física relacionadas con las unidades de medida	Identificación de las unidades de medida en su entorno a través de los tipos de lenguaje y elaboración de un glosario de términos y cuadro comparativo. Socializar y orientar sobre el proceso de enseñanza de la física.	90 min
	Desarrollar una práctica de laboratorio sobre las magnitudes físicas e instrumentos de medida. Realizar un informe sobre diferentes medidas observado en el laboratorio	Práctica de laboratorio con las magnitudes físicas de longitud, masa, tiempo, otras. Redacción de un informe con su estructura científica para explicar las magnitudes físicas desarrolladas.	180 min
Presentación de un vídeo sobre las unidades de medida en su contexto comunitario.	Desarrollar potencialidades en la resolución de problemas en su entorno	Defensa y análisis del tema de unidades de medida en su comunidad a través de un vídeo.	90 min.

de unidades masa, tiempo y longitud. Transformación en el sistema internacional de medidas. En ella, se consolida la competencia: Comprende los términos físicos de las unidades de medida desde los lenguajes cotidiano y científico en un contexto social específico. Siguiendo los siguientes momentos de la clase desde un enfoque neurodidáctico:

⦿ Inicio de clase (sentir): Saludo de bienvenida, Lectura de reflexión: “El reglado señor Metro”. Juego didáctico y Lluvia de ideas sobre las unidades de medida cotidianas.

⦿ Desarrollo de clase (conocer - saber): Conceptualización del lenguaje científico y técnico relacionado con el sistema de medición. Cuadro comparativo a través de ejemplos sobre los tipos de magnitudes físicas. Construcción de glosario de términos físicos relacionados conceptos físicos. Conversatorio sobre las medidas usadas en su comunidad.

⦿ Cierre de clase (hacer): Elaboración y presentación del glosario de términos; defensa de cuadro comparativo grupal.

⦿ Actividad de Evaluación: Presentación y discusión del glosario de términos y cuadro comparativo

### **Ejecución y desarrollo de las acciones de la Unidad de interacción diaria 1:**

Para el desarrollo de la unidad de interacción diaria se inició dando la bienvenida con una lectura reflexiva como abre boca titulada “El reglado señor Metro”, en la cual el estudiante pueda hacer una reflexión personal para introducirse en el tema, una vez concluida la lectura se da conocer el referente teórico y el propósito del mismo durante el encuentro, seguidamente se procede con el juego didáctico llamado “El cubo del conocimiento” el cual consta de una serie de preguntas para generar una lluvia de ideas, cuyo objetivo es fomentar el pensamiento, la creatividad y establecer un clima más propicio para el aprendizaje relacionando los conocimientos previos y los que están próximos adquirir para la vinculación de los

mismos, además de la disposición afectiva hacia el nuevo aprendizaje potenciando así en los estudiantes su capacidad de aprender.

Para dar desarrollo al tema se lanza el cubo del conocimiento el cual tiene varios colores entre los cuales aparecen preguntas y penitencias a realizar haciendo más didáctico el proceso.

A continuación se inicia lanzando el cubo del conocimiento con la siguiente pregunta ¿Qué podemos medir? Consiguiendo que algunos estudiantes expresen sus ideas (podemos medir la mesa, el lápiz, el cuaderno, otros), algunas acertadas y otras no, luego se lanza de nuevo y se plantea otra pregunta ¿Qué entienden por magnitud y unidad de medida? en este caso se observó que hay estudiantes que utilizan un lenguaje coloquial para expresar sus ideas, además tienen concepciones equivocadas sobre ambos términos.

Debido a ello se realiza una explicación y definición sobre cada término (unidad, magnitud y tipos de magnitud) para aclarar dudas sobre las mismas. Seguidamente se lanza nuevamente el cubo para realizar otra pregunta ¿Nombre las unidades de medida que usamos en nuestra cotidianidad? Y ¿Qué instrumentos usamos para medir las magnitudes físicas en nuestro entorno? obteniendo respuestas poco asertivas sobre el tema. Así mismo se realizó algunas penitencias didácticas para hacer la sesión de clase más amena y participativa. Cabe señalar que las intervenciones de los estudiantes (lluvia de ideas) fueron reflejadas en la pizarra acrílica a través de un esquema para su posterior explicación.

Para culminar la sesión de clase se organizó a los estudiantes en equipos de trabajo y se les orientó realizar un glosario de términos de los conceptos físicos y un cuadro comparativo usando el lenguaje cotidiano y técnico científico sobre las magnitudes físicas y algunos términos para hacer comparaciones entre ambos lenguajes. Este tipo de actividad les permite a los estudiantes analizar y corroborar que existen semejanzas y diferencias entre el

tipo de lenguaje que usa dentro y fuera de la institución para referirse a términos físicos. Con esta actividad se logró que los estudiantes comprendieran e identificaran las unidades de medida de cada magnitud física y su uso en la cotidianidad. Con la elaboración del cuadro comparativo es una estrategia demostrativa, ya que permite que los estudiantes desarrollan habilidades, destrezas, creatividad y pensamiento crítico.

### **Unidad de interacción diaria 2.**

En esta oportunidad los referentes teóricos se vincularon con la medición como proceso básico de la ciencia: La Medición. Magnitudes, Tipos, Unidades, Sistema de Unidades, instrumento para el desarrollo, producción y tecnología de acuerdo a las necesidades sociales transformación de unidades masa, tiempo y longitud. Transformación en el sistema internacional de medidas. Para ello, se movilizó la competencia: Desarrolla de habilidades en el manejo de instrumentos de medida, identificando los términos físicos de las unidades de medida desde los lenguajes cotidiano y científico. En este orden se indican los momentos de interacción:

① Inicio de clase (Conocer - saber): Saludo de bienvenida, orientaciones sobre la actividad a realizar en el laboratorio (normas, materiales, equipos de trabajo e indicaciones sobre la actividad a realizar), retroalimentación sobre las magnitudes físicas, el sistema de unidades e instrumentos de medición.

② Desarrollo de clase (Hacer): organización y revisión de materiales por grupo de trabajo, aplicación de la conceptualización de las magnitudes físicas en distintos objetos físicos haciendo uso de los instrumentos de medición apropiado. Seguidamente se procede a la resolución de conversiones o transformaciones de las medidas obtenidas.

③ Cierre de clase (Sentir): Discusión de las observaciones realizadas en cada experiencia a través de un informe en el post laboratorio.

④ Actividad de Evaluación: Desarrollo y participación en Práctica de laboratorio.

### **Ejecución y desarrollo de las acciones de la Unidad de interacción diaria 2:**

Se inicia la acción con un saludo de bienvenida, se les indica las normas del laboratorio, se organiza a los estudiantes en grupos de cinco (05) personas para realizar las actividades dadas, seguidamente se realiza una recapitulación con preguntas relacionadas al tema, ¿Qué podemos medir?, ¿Qué diferencia existe entre medir, medida, magnitud y unidad?, ¿Qué instrumentos de medida se usan para cada magnitud física?.

Para el desarrollo de la práctica se le dio a cada grupo una cinta métrica, un vernier, tornillo micrómetro, la balanza, un peso, un cronómetro, reglas, luego se indicó a cada grupo realizar medidas a distintos objetos físicos presentes en el laboratorio (mesa, ventana, puerta, cuadro, pesas de distintos tamaños, cubos de madera, otros) para las unidades del tiempo los estudiantes al momento de realizar la medida del objeto físico presentado debían tomarlo.

Luego con las medidas obtenidas se procedió a realizar las conversiones de acuerdo a las diferentes magnitudes físicas desarrolladas en la práctica. Con esta actividad se logró observar que el aprendizaje es más efectivo cuando el estudiante hace contacto directo con lo tangible y perceptivo, es decir aprende haciendo y construye sus propios conceptos. Cabe destacar que las prácticas del laboratorio son herramientas dinámicas que facilitan y refuerzan el proceso de aprendizaje, ya que permite a los y las estudiantes desarrollar habilidades prácticas e interactuar con los términos científicos y conocimientos previos fomentando la comprensión, la curiosidad, la motivación, el trabajo en equipo, para que el aprendizaje sea más eficaz y significativo para la vida.

### **Unidad de interacción diaria 3.**

En este apartado, los referentes teóricos la medición como proceso básico de la ciencia: La Medición. Magnitudes, Tipos, Unidades, Sistema de Unidades, instrumento para el desarrollo, producción y tecnología de acuerdo a las necesidades sociales transformación de unidades masa, tiempo

y longitud. Transformación en el sistema internacional de medidas. Para consolidar los proceso, se trabajó la competencia de Analiza resultados obtenidos a través de la práctica de laboratorio de forma clara y precisa utilizando la estructura científica haciendo uso de la terminología técnico científico. Se estructuro de la siguiente forma:

⦿ Inicio de clase (Hacer): instrucciones a los estudiantes para realizar el informe con su estructura científica para explicar las magnitudes físicas desarrolladas en la práctica de laboratorio.

⦿ Desarrollo de clase (Conocer): A continuación se procede a la elaboración del informe por parte de los estudiantes con su grupo de trabajo donde se describe lo realizado en la práctica de laboratorio de acuerdo a cada actividad realizada, a los resultados obtenidos y a las conclusiones de cada grupo. Posterior presentación a la docente y a sus compañeros de clase.

⦿ Cierre de clase (Sentir): reflexiones finales de los estudiantes sobre las actividades prácticas realizadas.

⦿ Actividad de Evaluación: Presentación de un Informe con estructura científica.

### **Ejecución y desarrollo de las acciones de la Unidad de interacción diaria 3:**

Se inicia la acción didáctica dando a cada grupo de trabajo las pautas para la elaboración del informe con su estructura científica, en el cual se debe reflejar portada, resumen, introducción, los materiales y métodos, los resultados, discusión, conclusiones y referencias, obtenidas durante la práctica de laboratorio. Luego los estudiantes se organizan con sus grupo de trabajo para la elaboración del mismo, haciendo uso de los apuntes y de las observaciones obtenidas en la actividad realizada.

Durante el desarrollo de la acción didáctica se observó el trabajo en equipo y la disposición de cada estudiante en hacer sus aportaciones usando un lenguaje técnico científico vinculado con el lenguaje

común acorde a sus conocimientos de forma organizada y creativa, describiendo los resultados y conclusiones. Una vez concluido el informe de laboratorio los estudiantes procedieron a su respectiva defensa explicando a sus compañeros los resultados obtenidos durante la actividad realizando comparaciones entre las magnitudes físicas con sus respectivas unidades de medida, señalando la importancia de las mismas en nuestro contexto, ya que están en todas partes, siendo necesario su estudio y conocimiento. Así mismo realizaron transformaciones de medida de las cantidades obtenidas desarrollando habilidades para la resolución de ejercicios prácticos.

Cabe destacar que con esta actividad se logra que el estudiante entienda o comprenda la importancia de las unidades de medida en nuestra vida, y que todo el tiempo las usamos indistintamente del contexto donde nos encontremos. Además se evidencia la capacidad de pensar, hacer, de expresarse, socializar, redactar e internalizar conocimientos útiles para su vida.

### **Unidad de interacción diaria 4.**

Para el cierre de este proceso, se abordaron los referentes teóricos: la medición como proceso básico de la ciencia: La Medición. Magnitudes, Tipos, Unidades, Sistema de Unidades, instrumento para el desarrollo, producción y tecnología de acuerdo a las necesidades sociales transformación de unidades masa, tiempo y longitud. Transformación en el sistema internacional de medidas. Se orientó la competencia: interpreta desde el contexto la conceptualización y construcción teórica de modelos relacionados con las unidades de medida y los sistemas vinculados al lenguaje propio de la ciencia. La clase de desarrollo siguiendo el siguiente orden:

⦿ Inicio de clase (Conocer): Realizar retroalimentación sobre el tema, seguidamente se indica las instrucciones para realizar la actividad en la comunidad y se Organización equipos de trabajo para la elaboración del video comunitario.

⦿ Desarrollo de clase (Hacer): una vez organizados los estudiantes en grupo proceden a escoger el oficio de su preferencia y crear las preguntas que les servirá de ayuda para la entrevista a la persona de su comunidad, la cual fue entrevistada con relación a las magnitudes físicas y las unidades de medida que son usadas al momento de realizar su oficio.

⦿ Cierre de clase (sentir): reflexión final sobre la importancia de las unidades de medida en nuestra vida cotidiana.

⦿ Actividad de Evaluación: Defensa y análisis del tema de unidades de medida en su comunidad a través de un video didáctico.

#### **Ejecución y desarrollo de las acciones de la Unidad de interacción diaria 4:**

Se formaron grupos de cinco estudiantes para visitar la comunidad y observar los diferentes oficios existentes en ella, para la cual los estudiantes de acuerdo a los conocimientos previos sobre las magnitudes físicas y unidades de medida crearon sus propias preguntas para saber que conocimientos tenían los habitantes sobre las diferentes magnitudes físicas, a su vez realizaron un video donde grabaron la interacción de las respuestas emitidas por sus representantes.

Algunas preguntas elaboradas por los grupos de trabajo fueron las siguientes: ¿Qué unidad de medida utiliza para realizar su oficio?, ¿Conoce las unidades de medida que usa en su trabajo?, ¿Cree usted que las unidades de medida son importantes en nuestra vida diaria? Se evidenció que los estudiantes comprendieron las incongruencias entre los diferentes lenguajes al momento de hacer uso de las magnitudes físicas y unidades de medida. Con esta actividad los estudiantes entendieron que los representantes utilizan las magnitudes físicas y unidades de medida en sus diferentes oficios asignándoles otra terminología usando un lenguaje coloquial para referirse a ellas.

#### **Evaluación, Valoración y Sistematización**

En este apartado se presenta una descripción

general de las categorías que sustentaron la investigación partiendo de las evidencias y la información obtenida de los participantes.

**Categoría:** lenguaje cotidiano y común.

El diagnóstico permitió obtener información sobre el tipo de lenguaje que los estudiantes de tercer año de educación media general utilizan para el aprendizaje de la física. En este sentido se evidenció que los estudiantes utilizan términos del lenguaje coloquial para referirse e identificar aspectos relacionados con los términos científicos de la física. Esto lleva que exista confusión dentro del proceso de formación o aprendizaje de esta disciplina de estudio, puesto que no existe la capacidad para comprender los términos básicos y concretos de la física como ciencia.

Así mismo, se presenta el lenguaje que los padres y representantes manejan en sus labores cotidianas dentro y fuera del hogar, los mismos son asimilados por los estudiantes y en consecuencia llevados a la institución. Este hecho se evidencia a través de una entrevista con base a una guía de preguntas de cinco (05) ítems y un proceso de observación sistemática con una escala de valoración de la participación en clase con los siguientes criterios (excelente, bueno, regular, mejorable) contentiva de cinco (05) preguntas, aplicada a los estudiantes en el aula en cuatro (04) momentos.

Todo ello enmarcado dentro del uso del lenguaje coloquial como forma de expresión inmediata para reconocer objetos, herramientas y aspectos de la vida que se relacionan con la terminología de la física como ciencia. De acuerdo a lo estudiado, el lenguaje natural o común, es el lenguaje que utilizan los individuos de las distintas colectividades de una sociedad en su vida cotidiana y el lenguaje científico o especializado se construye a partir del lenguaje natural o común.<sup>25</sup> En este mismo orden, el lenguaje científico o especializado en la medida en que sirve a fines específicos del conocimiento en las ciencias o disciplinas científicas. De acuerdo con el autor el lenguaje tanto coloquial como científico van de la mano puesto que es importante conocer el significado de los términos

cotidianos y darles sentido científico.

**Categoría:** lenguaje técnico – científico.

En el desarrollo de las interacciones de los momentos se evidencio que los estudiantes hacían uso muy escaso de los términos técnicos científicos de la física, lo que no les permitía mejorar su aprendizaje, al contrario le creaba confusión a la hora de expresar sus ideas en el campo de las ciencias de la física. Y a su vez, la física utiliza un lenguaje técnico y específico para describir y explicar su objeto de estudio, entrelazado con estructuras matemáticas y esquemas experimentales que permiten la simbolización del mundo al que va a referirse, así como de las herramientas a través de las cuales va a abordarlo<sup>17</sup>. Esas herramientas son las magnitudes físicas, es decir, los conceptos métricos a través de los cuales se pueden cuantificar los hechos, fenómenos y procesos del mundo para describirlos y explicarlos.

En este sentido se logra crear un vínculo que relacionara los dos tipos de lenguaje como una forma pedagógica y neurodidáctica para mejorar en los estudiantes sus conocimientos. Es por ello, que las acciones didácticas llevadas a cabo (glosario de términos científicos, un cuadro comparativo, práctica de laboratorio, informe científico y video), tiene como propósito aclarar los términos y comparar el uso de los lenguajes y establecer un vínculo epistemológico entre ambos para la construcción del conocimiento. Todo ello constituye la base epistemológica y semántica para la comprensión de las ciencias. Por lo tanto se requiere que los estudiantes adquieran al manejar la terminología científica y técnica de la física como una forma de aprender a construir el conocimiento, desde su contexto apoyado en las diferentes fuentes del conocimiento científico.

**Categoría:** Aprendizaje de la física.

En relación a lo evidenciado durante el desarrollo de las acciones pedagógicas dirigidas a los estudiantes de tercer año entendiéndose que están iniciándose en el conocimiento de esta área es fundamental

que su aprendizaje sea correcto, ya que de ahí dependerá que futuro tengan una visión más amplia y concreta de esta área.

Para lograr el conocimiento efectivo de la física en los estudiantes es necesario utilizar todos los mecanismos y herramientas que permitan mejorar su aprendizaje, uno de ellos y el más importante quizás es el manejo del lenguaje, por lo tanto fue necesario crear vínculo que permitan comprender y relacionar el uso del lenguaje coloquial con el técnico científico en el aprendizaje de la física como ciencia y así familiarizarse con la terminología técnica científica del campo de las ciencias físicas para fortalecer de esta manera el aprendizaje de esta área y su conocimiento.

Este contraste en la utilización y manejo del lenguaje, para el aprendizaje y la comprensión de las ciencias naturales, puede ser útil si se aplican estrategias como glosario de términos, cuadros comparativos, prácticas de laboratorio, informes científicos, videos didácticos, otros que permitan vincular ambos lenguajes y establecer una relación desde las ciencias a nivel empírico y académico para fortalecer los conocimientos teóricos prácticos del estudiante de media general debe tener al momento de introducirse en el mundo de la Física.

Así mismo se permite aclarar con precisión la terminología y la relación que existe entre lo coloquial y científico, cuando una estandarización que fortalece el conocimiento de los términos en el aprendizaje de las ciencias naturales partiendo de la comprensión básica teórico práctica de los fenómenos naturales estudiados en el marco de las ciencias naturales.

En consecuencia, de ello se les facilita a los autores escolares una manera sencilla, pero significativa de comprender e integrar la terminología en el aprendizaje de las ciencias combinando el lenguaje y el saber coloquial con el científico y academicista.

**Categoría:** Estrategias con enfoque neurodidáctico.

Las estrategias puestas en práctica despertaron en el estudiante el interés, la motivación y creatividad para el aprendizaje de la física, ya que es muy importante planificar acciones prácticas como elaboración de material didáctico, prácticas de laboratorio, visitas a la comunidad, grabaciones, las cuales facilitan el aprendizaje significativo y desarrollan la curiosidad involucrando la terminología desde su significado semántico y el nombre científico de los instrumentos presentes en el laboratorio. De igual manera comparar desde la neurodidáctica los dos

tipos de lenguaje y su uso y aporte dentro del aprendizaje de la física, disertar sobre términos y conceptos usados tanto en el campo técnico científico como en el ámbito coloquial sustentado en el estudio de las magnitudes físicas y las unidades de medida. De acuerdo, a lo revisado en cada aspecto sobre la neurodidáctica pretende hacer uso de las estrategias de enseñanza, aprendizaje y evaluación con pensando desde cómo funciona y se interactúa con el cerebro para la consolidación de la memoria potencial a largo plazo.

## Conclusiones

Los estudiantes de tercer año de educación media general establecieron relación del lenguaje coloquial con el lenguaje técnico especializado en el aprendizaje de la física por medio de las actividades desarrolladas en su ambiente de formación, a través de un cuadro comparativo y un glosario de términos, donde se demostró la terminología utilizada en esta área, reconociendo la importancia del análisis del lenguaje y el discurso desde la ciencia con mirada contextual del aprendizaje.

Las estrategias con enfoque neurodidácticas empleadas, promovieron el aprendizaje de la física en los estudiantes de tercer año de Educación Media General, les permitió la vinculación entre ambos tipos de lenguajes estableciendo niveles de conceptualización y construcción teórica en fundamento de cada modelo. En este orden, la construcción de conocimiento se relaciona en la medida que las estrategias teórico prácticas se organizan de forma secuencial premiando una ruta de aprendizaje en función del pensamiento racional, emocional y operativo de forma integrada, como se vio en cada actividad para la consolidación de referentes epistemológicos, apoyado con el glosario de términos, cuadro comparativo, práctica de laboratorio, informe científico y el video didáctico.

La ruta de aprendizaje empleada, permitió establecer un vínculo teórico práctico en el manejo del lenguaje tanto cotidiano como el técnico especializado en el estudio de la física, logrando que los estudiantes comprendieran el uso e importancia del lenguaje para comprender procesos de interacción, asimilación, esquematización, conceptualización y verbalización de los fenómenos físicos, como las unidades de medida, magnitudes físicas y sistemas de medida. Del mismo modo, se comprendió, que el lenguaje coloquial puede ser en muchos casos, la base para el aprendizaje de la física para alcanzar un lenguaje técnico especializado.

**Nota:** Artículo de investigación presentado como Opción Especial de Graduación para la Licenciatura en Educación Mención Ciencias Físico Naturales - ULA, bajo la tutoría del Prof. Rubén Belandria.

## Referencias

- 1.- Ochoa, C. El saber y la relación dialógica entre las comunidades culturales. CIENCIAEDUC [Internet]. 2020 [citado 20 Jul 2025]: 4 (1). Disponible en: <https://portal.amelica.org/amelia/jatsRepo/480/4802170007/index.html>
- 2.- Escalona, JC. Los saberes populares y académicos en la Universidad Venezolana. Revista Digital de Investigación y Postgrado [Internet]. 2022 [citado 22 Jul 2025]. 3 (6): 123 – 132.

Disponible en: <https://redip.iesip.edu.ve/ojs/index.php/redip/article/view/63/62>

- 3.- Velásquez, X. Vinculación de saberes populares de los estudiantes a las prácticas pedagógicas. Bogotá: Universidad de la Salle; 2019.
- 4.- Linares, J. (2019). Energía para la vida. Colección Bicentenario. Caracas: Ministerio del Poder Popular para la Educación; 2019.
- 5.- Vygotski, L. Pensamiento y lenguaje. Barcelona: Paidós; 1995.
- 6.- Moncada, L. y Moncada, D. Simuladores virtuales como estrategia didáctica para el aprendizaje de la tabla periódica en cuarto año de Educación Media General. [Trabajo de grado]. Mérida, Venezuela: Facultad de Humanidades y educación, Universidad de Los Andes; 2024.
- 7.- Galvis, M. Uso del lenguaje coloquial como estrategia didáctica para la enseñanza y el aprendizaje situado de la química en el contexto socioeducativo rural. Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad [Internet]. 2022 [citado 23 Mar 2024]. 14 (27). Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/5343/534371259001/html/>
- 8.- Guiza, I. Estrategias para mejorar el aprendizaje de las ciencias naturales en los alumnos de la 3era etapa educación básica Parroquia Rafael Pulido Méndez [Trabajo de Grado]. Santa Barbará, UNESR, 2020.
- 9.- Gil, D.; Carrascosa, J.; Furió, C. y Mtnez-Torregrosa, J. La enseñanza de las ciencias en educación secundaria. 2da. Edición. Barcelona, España, HORSIRI; 1991.
- 10.- Arellano, F.; Moreno, G.; Guido, F.; Culqui, C. y Tamayo, R. Procesamiento cerebral del lenguaje desde la perspectiva de la neurociencia y la psicolingüística. Rev. Ciencias Sociales [Internet]. 2021. [citado 08 Ago 2024]. 27 (4). Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=28069360021>
- 11.- LLácer, E. y Ballesteros, F. (2012) El Lenguaje científico, la divulgación de la ciencia y el riesgo de las pseudociencias. Quaderns de filología. Estudis lingüístics [Internet]. 2012. [citado 12 Nov 2024]. 17: 51 – 67. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4401113>
- 12- Serrano, M. El proceso de enseñanza aprendizaje. Mérida, Venezuela: Consejo de Estudios de Postgrado, Universidad de Los Andes, 1990.
- 13- Kandel, E., Schwartz, J. y Jessell, T. Neurociencia y conducta. Madrid: Prentice Hall; 1997.
- 14- Bruner, J. El Habla del niño. Barcelona, España; Paidós. 1986.
- 15.- Hinojosa, J y Sanmartí, N. Instrumentos de medida como núcleo del proceso de enseñanza - aprendizaje en la formación de maestros. Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias. [Internet]. 2024. [citado 12 Ene 2025]. 21(2). Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/920/92077306011/html/>
- 16.- Ausubel, D. Psicología educativa: un enfoque cognitivo. New York: Holt, Rinehart, and Winston; 1983.

- 17.- Fleismer, A. y Sabani, M. Física y lenguaje: el significado de los términos de magnitudes. *Revista de Enseñanza de la Física*. [Internet]. 2019. [citado 20 Nov 2024]. 31 (Nº Extra): 327 - 332. Disponible en: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/26587/28292>
- 18.- Leonard, W., Gerace, W. y Dufresne, R. Resolución de problemas basada en el análisis. hacer del análisis y del razonamiento el foco de la enseñanza de la física. *Enseñanza de las Ciencias*. [Internet]. 2002. [citado 12 Dic 2024]. 20 (3): 387- 400. Disponible en: <https://ensciencias.uab.cat/article/view/v20-n3-leonard-william-gerace-etal/1862>
- 19.- Cárdenas, L. La creatividad y la educación en el siglo XXI. *Revista Interamericana de Investigación, Educación y Pedagogía* [Internet]. 2019. [citado 13 Dic 2024]. 12 (2): 211- 224. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/5610/561068684008/html/>
- 20.- Jiménez, A., y Sánchez, D. (2019). La práctica pedagógica desde las situaciones a-didácticas en matemáticas. *Rev. investig. desarro. innov.* [Internet]. 2019. [citado 15 Mar 2025]. 9 (2): 333-346. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2027-83062019000100333](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2027-83062019000100333)
- 21.- Gerdes, P. Geometría y Cestería de los Bora en la Amazonía Peruana. Lima: Ministerio de Educación, 2013.
- 22.- Serway, R. y Jewett, J. Física para ciencias e ingeniería, Volumen 1. (7ma. Ed.). México DF. Cengage Learning, 2008.
- 23.- Buteler, L., Gangoso, Z., Brincones, I. y González, M. La resolución de problemas en física y su representación. Un estudio en la escuela media. *Enseñanza de la Ciencias*. [Internet]. 2001. [citado 23 Mar 2025]. 19 (2): 285-295. Disponible en: <https://ensciencias.uab.cat/article/view/v19-n2-buteler-brincones-gonzalez/1911>
- 24.- Arenas, Y. y Inveninato, D. La hoja de ruta en el Curso Introductorio a Ciencias de la Educación. Algunas dimensiones de la experiencia. *Trayectorias Universitarias*. [Internet]. 2022. [citado 25 Jun 2025]. 8 (14): 1 – 9. Disponible en: <https://revistas.unlp.edu.ar/TrayectoriasUniversitarias/article/view/14273/13152>
- 25.- Morales, M. Lenguaje y conocimiento común y especializado. *Revista Interamericana de Bibliotecología*. [Internet]. 2004. [citado 20 Feb 2025]. 27 (1): 45 – 72. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1790/179017785003.pdf>

# GAS NATURAL Y METANO: UNA REVISIÓN

## NATURAL GAS AND METHANE: A REVIEW

**Olga P Márquez, Elkis Weinhold, Reynaldo Ortíz, J Márquez**

Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias, Departamento de Química – Grupo Interdisciplinario Salud y Electroquímica. Mérida – 5101, Venezuela.  
jokkmarquez82@gmail.com

**Recibido:** 19-10-2025

**Aceptado:** 25-11-2025

### RESUMEN

Actualmente resulta imprescindible, la inmediata atención a problemas de contaminación ambiental en nuestro planeta. Una fuente importante de contaminación la constituye, el uso indiscriminado de combustibles fósiles, la tala, los incendios forestales y contaminación industrial. Una ruta actual importante, descontaminante, la constituye, la utilización de fuentes renovables de energía, la utilización de agua ultra purificada y la incorporación del sistema electroquímico para la obtención del hidrógeno verde, oxígeno medicinal, almacenamiento de energía y montaje de plantas industriales variadas e importantes, en un complejo industrial. El gas metano, considerado actualmente, poco contaminante, es ahora purificado, utilizado como generador eléctrico, y su producto, el dióxido de carbono es capturado, almacenado, reciclado a metano o convertido en vector energético, producto alimenticio, o en otro compuesto útil a la comunidad. En síntesis, el metano (poco contaminante) puede ser convertido en fuente energética no contaminante y vía para la obtención de productos de gran interés social.

**Palabras clave:** Gas Natural, Metano, Gas de Síntesis, Contaminación ambiental.

### ABSTRACT

Nowadays. pollution includes the indiscriminate use of fossil fuels, deforestation, forest fires, and industrial emissions. An important current route to decontamination is the use of renewable energy sources, the use of ultra pure water, and the use of electrochemical systems to obtain green hydrogen, medical oxygen, energy storage, and the assembly of several important industrial plants in an industrial complex. Methane gas, currently considered to be low-polluting, is now purified, used as an electricity generator, and its product, carbon dioxide, is captured, stored, recycled into methane, or converted into an energy vector, food product, or other compound useful to the community. In short, methane (a low-polluting gas) can be converted into a non-polluting energy source and a means of obtaining products of important social concern.

**Keywords:** Natural Gas, Methane, Synthesis gas, Environmental pollution.

**Olga P. Márquez:** Ph.D. en Electroquímica (Univ. de Southampton, U.K.), licenciada en Química (UCV-ULA), miembro del personal docente y de investigación de la Facultad de Ciencias-ULA. e-mail: olgamq@ula.ve/

**Elkis Weinhold:** Doctora. en Química Aplicada, opción Electroquímica ULA. Licenciatura en Química ULA, miembro del personal docente y de investigación de la Facultad de Ciencias-ULA. email: elkisweinhold@gmail.com.

**Reynaldo Ortiz:** Dr en Química Aplicada, opción Electroquímica (ULA), Lcdo. en Química (ULA), miembro del personal docente y de investigación de la Facultad de Ciencias-ULA Mérida-Venezuela. Email:reynaldoluis@gmail.com.

**Jairo Márquez P:** Ph.D. en Electroquímica (Univ. de Southampton, U.K.), licenciado en Química (UCV-ULA), miembro del personal docente y de investigación de la Facultad de Ciencias-ULA. e-mail: jamar@ula.ve/

## Introducción

El gas natural es el combustible fósil que genera menos gases de efecto invernadero. Compuesto principalmente por metano ( $\text{CH}_4 > 90\%$ ), emite menos dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y contaminantes que los combustibles que ha reemplazado, especialmente el carbón. Tendrá una actuación importante en la transición energética en marcha. Se usa en necesidades térmicas, para generar electricidad, y en la producción de hidrógeno. La generación de electricidad con gas natural es fundamental y complementa al sistema eléctrico durante su transición; además, el hidrógeno verde es utilizable como materia prima o como vector energético cuando sea requerido. En la electrólisis del agua pura, tendremos además oxígeno medicinal para el sector salud y las comunidades.

El gas natural, energía primaria no renovable, se origina de la materia orgánica (plantas y animales) que, durante millones de años, se descompuso sin oxígeno bajo capas de sedimentos, formando una mezcla de hidrocarburos compuesta principalmente por metano ( $\text{CH}_4$ ). Este combustible fósil se extrae mediante perforaciones en yacimientos subterráneos.<sup>1</sup>

El gas natural es un recurso de energía no renovable. Es un combustible fósil incoloro, inodoro y no tóxico. Es un recurso energético con beneficios frente a otros porque es más limpio en cuanto a emisión de residuos y es también más eficiente. El gas natural, además aporta fiabilidad a las fuentes de energía renovables.<sup>2</sup>

Hoy el gas natural se encuentra a menudo en estado gaseoso en fosas que se encuentran bajo tierra cerca de fosas de petróleo, que queda en estado líquido. Ambos combustibles se encuentran en rocas de origen sedimentario, donde fenómenos geológicos los encarcelan, uno, otro o ambos, dando lugar a grandes fosas subterráneas.

El gas natural puede estar en forma llamada seca, es decir, totalmente gaseoso, o bien en forma húmeda, es decir, mezclado con hidrocarburos más largos, que se separan

fácilmente como líquidos por compresión, refrigeración o absorción.<sup>3</sup>

El gas natural seco es predominantemente metano (79%-97%), pero puede contener cantidades de etano ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ) (0,1% - 11,4%) según la región donde se encuentre.<sup>4</sup>

**Composición:** El gas natural es principalmente una mezcla de hidrocarburos, siendo el metano ( $\text{CH}_4$ ) el componente principal, generalmente con porcentajes superiores al 90%. También incluye otros hidrocarburos como etano- $\text{C}_2\text{H}_6$  (0,1 - 11,4 %), propano- $\text{C}_3\text{H}_8$  (0,1 - 3,7 %), butano- $\text{C}_4\text{H}_{10}$  (menos del 0,7 %), pentanos- $\text{C}_5\text{H}_{12}$  en cantidades menores y vapor de agua. Además, puede contener gases no hidrocarburos como nitrógeno- $\text{N}_2$  (0,5 - 6,5 %), dióxido de carbono- $\text{CO}_2$  (menos del 1,5 %), y a veces, pequeñas cantidades de sulfuro de hidrógeno- $\text{H}_2\text{S}$  y helio- $\text{He}$ .<sup>5-8</sup>

La energía que inicialmente obtienen las plantas del sol se almacena en forma de enlaces químicos en el gas. Constituye una importante fuente de energía fósil liberada por su combustión. Se extrae de yacimientos independientes (gas no asociado) o junto a yacimientos petrolíferos o de carbón (gas asociado a otros hidrocarburos y gases).<sup>9</sup>

Durante la extracción, algunos gases que forman parte de su composición natural se separan por diferentes motivos: por su bajo poder calorífico (p. ej. nitrógeno y dióxido de carbono), porque pueden condensarse en los gasoductos (al tener una baja temperatura de saturación) o porque dificultan el proceso de licuefacción de gases (como el dióxido de carbono, que se solidifica al producir gas natural licuado (GNL)). El  $\text{CO}_2$  se determina habitualmente con el método ASTM D1945 y azufre con ASTM1137.<sup>10</sup>

El propano, el butano y otros hidrocarburos más pesados también se separan porque dificultan que la combustión del gas natural sea eficiente y segura. El agua (vapor) se elimina por estos motivos y porque a presiones altas forma hidratos de metano, que obstruyen los gasoductos. Los derivados del azufre se depuran hasta concentraciones muy bajas para evitar

la corrosión, la formación de olores y las emisiones de dióxido de azufre (causante de la lluvia ácida) tras su combustión.<sup>11</sup>

La detección y la medición de sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ) en gas natural se efectúa siguiendo el método ASTM D2385 y el método ASTM D2725 para identificar gases de combustión y combustibles. Por último, para su uso doméstico se le añaden trazas de mercaptanos (entre ellos el metil-mercaptano  $CH_4S$ ), que permiten su detección olfativa en caso de fuga.

**Impacto Ambiental:** El  $CO_2$  emitido a la atmósfera tras la combustión del gas natural es un gas de efecto invernadero que contribuye al calentamiento global de la Tierra.<sup>12</sup>

Esto se debe a que es transparente a la luz visible y ultravioleta, pero absorbe la radiación infrarroja que emite la superficie de la Tierra al espacio exterior, ralentizando el enfriamiento nocturno de esta.

La combustión del gas natural produce menos gases de efecto invernadero que otros combustibles fósiles como los derivados petrolíferos (fuelóleo, gasóleo y gasolina) y especialmente que el carbón. Además, es un combustible que se quema de forma más limpia, eficiente y segura y no produce dióxido de azufre (causante de la lluvia ácida) ni partículas sólidas.

El procesamiento del gas natural es una serie de procesos industriales diseñados para purificar el gas natural bruto mediante la eliminación de impurezas, contaminantes e hidrocarburos de mayor masa molecular para producir lo que se conoce como gas natural seco de calidad para gasoductos.<sup>13</sup>

El gas natural debe procesarse para prepararlo para su uso final y garantizar la eliminación de contaminantes. Las plantas de procesamiento de gas natural,<sup>14</sup> purifican el gas natural crudo eliminando contaminantes como sólidos, agua, dióxido de carbono ( $CO_2$ ), sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ), mercurio e hidrocarburos de mayor masa molecular. Una planta de gas natural operativa suministra gas

natural seco con calidad de gasoducto que puede ser utilizado como combustible por consumidores residenciales, comerciales e industriales, o como materia prima para síntesis químicas.<sup>15</sup>

## Procesamiento del gas natural

El gas natural presenta una composición que puede variar en función del tipo de yacimiento, profundidad y condiciones geológicas del lugar, por lo tanto, debe ser sometido a un tratamiento previo de acondicionamiento y remoción de sustancias contaminantes. El gas residual de la sección de recuperación de LGN es el gas de venta final, purificado, que se envía por gasoducto a los mercados de usuarios finales.<sup>16</sup>

El comprador y el vendedor establecen normas y acuerdos sobre la calidad del gas. En ellos se suele especificar la concentración máxima permitida de  $CO_2$ ,  $H_2S$  y  $H_2O$ , además de exigir que el gas esté comercialmente libre de olores y materiales objetables, así como de polvo u otras materias sólidas o líquidas, ceras, gomas y componentes gomosos que puedan dañar o afectar negativamente al funcionamiento de los equipos del comprador.

## Procesamiento

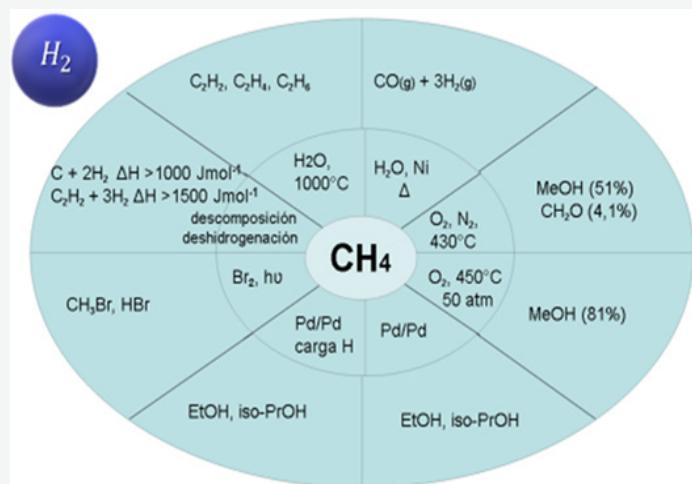
1) Eliminación de gases ácidos (sulfuro de hidrógeno y dióxido de carbono) con el uso de membranas poliméricas o tratamiento con aminas. Se puede utilizar el proceso Claus para recuperar azufre elemental.

2) Eliminar vapor de agua utilizando absorción regenerable en trietilenglicol líquido (o un proceso de membranas).

3) El mercurio se elimina mediante un proceso de adsorción (carbón activado o tamices moleculares regenerables).

La composición del gas natural afecta directamente sus propiedades, como su poder calorífico, su densidad y su comportamiento en diferentes condiciones.<sup>17</sup>

Por ejemplo, la presencia de dióxido de carbono y nitrógeno puede reducir el poder



**Figura 1.** Esquema ilustrativo de transformación del Metano a productos de interés petroquímico

calorífico del gas, mientras que el sulfuro de hidrógeno requiere procesos de purificación para garantizar la seguridad y eficiencia en su uso.

## Purificación

La separación permite obtener metano de alta pureza, que es esencial para diversas aplicaciones, como la producción de energía y la industria química. Se emplean membranas permeables para separar el metano de otros gases en función de sus diferentes propiedades físicas y químicas. Las membranas retienen ciertos gases mientras que otros los atraviesan, permitiendo la separación. La membrana separa el metano reteniéndolo. Moléculas no deseadas como el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), los sulfuros ( $\text{H}_2\text{S}$ ) y el amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) pasan a través de la membrana, permean. Se obtiene gas natural renovable.

El gas natural es un componente crucial del proceso de transición energética, ya que ayuda a satisfacer la creciente demanda al mismo tiempo que reduce las emisiones de gases de efecto invernadero y mejora la calidad del aire. Es una de las pocas fuentes de energía que puede utilizarse en todos los sectores de la economía mundial. Se utiliza para generar electricidad, proporcionar calor para procesos industriales esenciales, calentar hogares y transportar personas y mercancías. Es adecuado para la fabricación de amoníaco, producto base industrial

de abonos nitrogenados, y de metanol, producto que se utiliza para fabricar plásticos y proteínas sintéticas. En comparación con las centrales eléctricas de carbón, las centrales modernas eléctricas de gas natural emiten menos de una décima parte de los contaminantes.

Otros procesos de purificación utilizados son la separación criogénica y la separación por absorción y por adsorción.

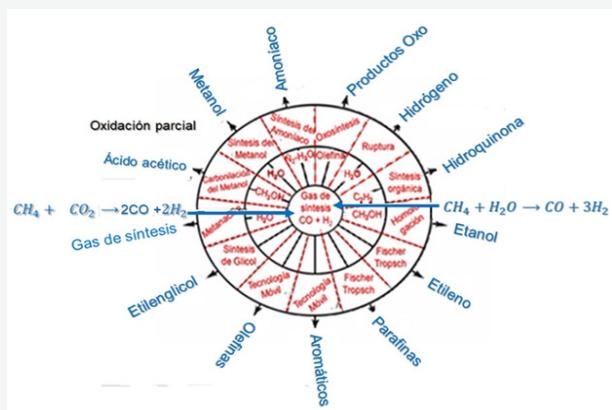
## Usos del Metano

El gas natural es una fuente de energía primaria abundante en Venezuela, considerada alternativa por ser menos contaminante que las convencionales y generar menos huella ambiental. Por medio de las tecnologías y proyectos más adecuados a la concepción del desarrollo sostenible podría incorporarse en la matriz energética siendo Venezuela un país con grandes reservas.

## Algunas reacciones del Metano

La figura 1 muestra un esquema de las reacciones más importantes del metano, para obtener productos de interés petroquímico

Obtención de Múltiples, variados y valiosos productos de interés social en la comunidad mundial. Vía la obtención previa del gas de síntesis, por oxidación parcial o por reformado autotérmico del metano.

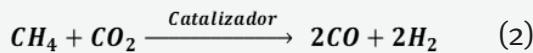


**Figura 2.** Ilustración de la importancia del gas de síntesis para la industria petroquímica

(a) Reformado de metano con vapor de agua. Este es el método más utilizado para generar gas de síntesis, ya que el metano es un compuesto fácilmente disponible que se encuentra como componente principal del gas natural. El esquema de reacción es:

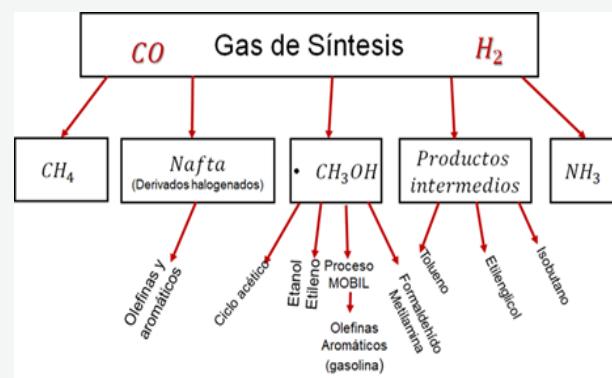


(b) Reformado de metano con CO<sub>2</sub>. Es un método que utiliza distintos metales de transición soportados (Ni, Ru, Rh, Pd) como catalizador, y con el que se obtiene gas de síntesis con alto contenido en CO, lo que es adecuado para los procesos de hidroformilación (figuras 2 y 3).



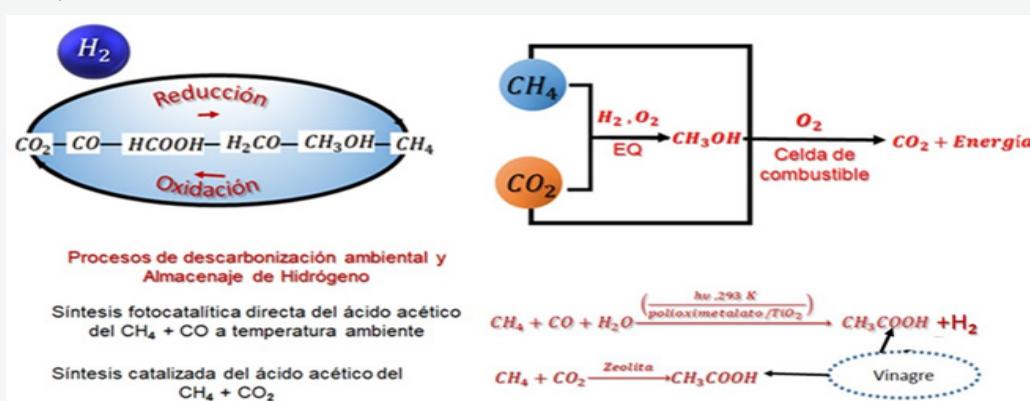
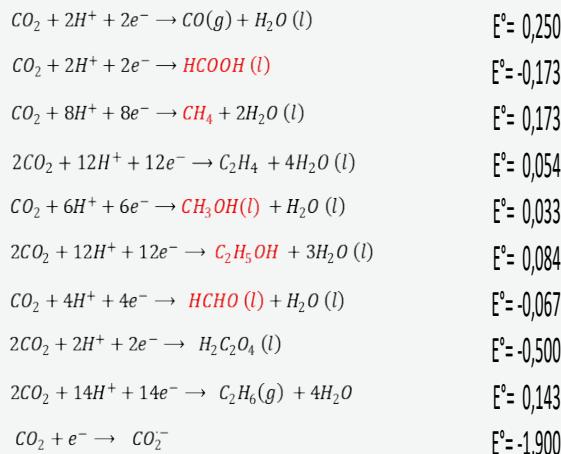
# Obtención de Metano y Energía por reciclaje del CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub>

La figura 4 muestra sistemas de conversión del metano y el dióxido de carbono.



**Figura 3.** Síntesis adicionales con Metano (gas de síntesis)

Es oportuno mencionar, que la comercialización de celdas de combustible, estacionarias, descentralizadas, en el intervalo 10-250 kWh está ocurriendo. Estas celdas de combustible podrán ser utilizadas con gas natural y, en consecuencia, pequeños reformadores de gas natural serán desarrollados (ONSI, KTI, Haldor sø)



**Figura 4.** Cuadro ilustrativo de conversión del Metano, vía electroquímica

Existe una amplia gama de procedimientos electroquímicos para la comprensión del estudio del comportamiento del dióxido de carbono, en particular, su reducción a productos de interés petroquímico.<sup>18-26</sup>

### Producción de Energía Eléctrica:

El gas natural es un combustible importante para la obtención de electricidad, tiene un mejor rendimiento energético y un menor impacto ambiental que otros combustibles fósiles. El desarrollo y mejora de las turbinas de gas permite conseguir ahorros de hasta un 40%.<sup>27-29</sup>

Hay tres sistemas de producción de energía eléctrica que tienen el gas natural como combustible:

⦿ Las centrales térmicas convencionales, que generan electricidad mediante un sistema caldera-turbina de vapor con un rendimiento global de un 33%.<sup>30</sup>

⦿ Las centrales de cogeneración termoeléctrica,<sup>31</sup> en las que se obtiene calor y electricidad aprovechando el calor residual de los motores y las turbinas. El calor producido sirve para generar calefacción y aire acondicionado o para calentar agua sanitaria, y la electricidad se utiliza o se envía a la red eléctrica general. Su rendimiento eléctrico depende de la tecnología utilizada, pero puede oscilar entre el 30 y el 40%, mientras que el rendimiento térmico está alrededor del 55%.<sup>32</sup>

⦿ Las centrales de ciclo combinado (CCGT), que combinan una turbina de gas y 43 primaria.<sup>33-36</sup>

Las propiedades físico-químicas del metano hacen de este gas un excelente combustible, debido a su bajo índice de contaminación atmosférica, y al bajo impacto acústico de los motores. En forma de gas natural comprimido (GNC), el metano se ha utilizado en numerosas experiencias que han demostrado su viabilidad como alternativa a los combustibles fósiles tradicionales.<sup>37</sup>

En todo el mundo, ya circulan más de un millón de vehículos impulsados con

GNC, que producen hasta un 50% menos de emisiones de CO<sub>2</sub> y un 80% menos de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) que los vehículos accionados por gasolina o gasóleo, y no emiten plomo, azufre ni compuestos aromáticos.

### Proceso paso a paso

En una planta de metano, la energía se produce principalmente a través de la cogeneración, que implica la quema controlada del metano para generar simultáneamente electricidad y calor útil.<sup>38,39</sup> El metano utilizado puede ser gas natural o, más comúnmente en las plantas de biogás, un producto de la digestión anaeróbica de materia orgánica.

⦿ Combustión: El metano purificado o el biogás se quema en una cámara de combustión.

⦿ Generación de vapor: El calor producido por la combustión se utiliza para calentar agua y producir vapor.

⦿ Movimiento de la turbina: El vapor a alta presión impulsa las palas de una turbina.

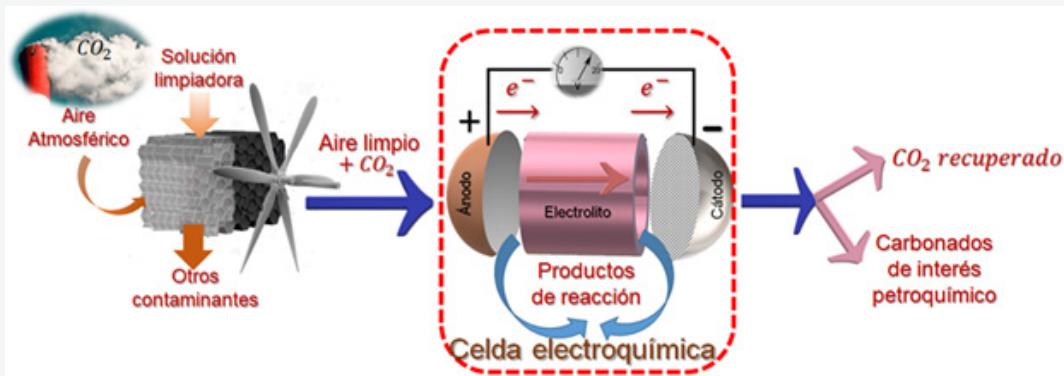
⦿ Producción de electricidad: La turbina está conectada a un generador eléctrico, que convierte la energía mecánica del giro de la turbina en energía eléctrica.

### Captura del CO<sub>2</sub>:

La figura 5 muestra cómo es posible atrapar las emisiones de CO<sub>2</sub> de la atmósfera, para su posterior procesamiento.

La tecnología electroquímica de adsorción utiliza electrodos selectivos a al CO<sub>2</sub> del aire para convertirlo en combustibles (ej.: metanol y etanol). Estos dispositivos ofrecen una eficiencia en límites de detección del orden de concentraciones tan bajas como 0,1 % (1000 ppm) y una eficiencia faradaica superior al 90%.<sup>40</sup>

Existen electrodos que pueden capturar CO<sub>2</sub> del aire. Estos electrodos suelen ser parte de dispositivos o sistemas que utilizan la captura directa de aire (DCA), una tecnología



**Figura 5.** Captura electroquímica del CO<sub>2</sub> atmosférico.

que extrae CO<sub>2</sub> directamente de la atmósfera. Los materiales y procesos utilizados varían, pero algunos ejemplos incluyen electrodos con materiales como poliantraquinona o carbón activado de alta superficie, así como tecnologías que emplean mediadores redox para facilitar la captura y liberación del CO<sub>2</sub>.<sup>41</sup>

Los tamices moleculares (13 X, 4A), por ejemplo, pueden adsorber selectivamente CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>S en la medida en que el gas es de pureza ultra alta y pueden utilizarse en aplicaciones que requieren alta sensibilidad. Los tamices moleculares pueden adsorber agua, CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>S al mismo tiempo con gran selectividad. Los tamices moleculares también tienen una vida útil más larga y un mayor índice de regeneración, lo que resulta más económico para aplicaciones a largo plazo.<sup>42</sup> Estas ventajas hacen de los tamices moleculares la opción preferida para conseguir la pureza y fiabilidad necesarias para el transporte por tuberías, la seguridad y la eficiencia.

Los tamices moleculares (5A,13X), son los adsorbentes avanzados más utilizados para eliminar estas impurezas. Debido a su alta capacidad de adsorción y selectividad, pueden separar eficazmente hidrocarburos pesados y, al mismo tiempo, adsorber mercurio en un solo paso. Los tamices moleculares son especialmente útiles en sistemas criogénicos porque pueden funcionar a bajas temperaturas sin que se degrade su rendimiento. Además, son regenerables, lo que mejora su asequibilidad y funcionalidad a largo plazo.

El futuro de la purificación del gas natural<sup>43</sup>

vendrá determinado por la medida en que satisfaga las necesidades energéticas en constante evolución, los retos de costes y las cuestiones medioambientales. Los nuevos avances garantizarán que el gas natural siga siendo una fuente de energía estable, eficiente y sostenible en la transición hacia una combinación energética más limpia.

Se prevé que los sistemas de eliminación de dióxido de carbono que pueden capturar y almacenar o reciclar CO<sub>2</sub> ganen más popularidad a medida que el mundo cambie hacia emisiones de carbono más bajas. También hay interés por los sistemas de depuración pequeños y portátiles, sobre todo para las aplicaciones extremas y a pequeña escala por su flexibilidad y logística.

### ¿Cómo funcionan?

**1. Materiales absorbentes/adsorbentes:** Se utilizan materiales con alta afinidad por el CO<sub>2</sub>, como poliantraquinona, quinonas, fenazinas o carbón activado con alta área superficial.

**2. Aplicación de electricidad:** En algunos casos, se aplica una corriente eléctrica para inducir una reacción química que facilita la captura del CO<sub>2</sub>. Por ejemplo, en el sistema del MIT, la poliantraquinona reacciona con el CO<sub>2</sub> al aplicar electricidad.

**3. Liberación del CO<sub>2</sub>:** Una vez que el electrodo está saturado con CO<sub>2</sub>, se puede liberar el gas mediante cambios en las condiciones, como la variación de voltaje o temperatura, dependiendo del material y

proceso utilizado.

**4. Uso o almacenamiento:** El CO<sub>2</sub> capturado puede ser utilizado para diversos fines, como la producción de combustibles sintéticos o productos químicos, o puede ser almacenado permanentemente en formaciones geológicas.

#### Ventajas de los electrodos en la captura de CO<sub>2</sub>

Se pueden destacar las siguientes ventajas:<sup>44,45</sup>

**Eficiencia energética:** Algunos métodos, como el sistema del MIT, requieren menos energía que los métodos convencionales de captura de carbono.

**Adaptabilidad:** La tecnología puede adaptarse a dispositivos más pequeños y no requiere altas concentraciones de CO<sub>2</sub> para ser eficiente.

**Escalabilidad:** La capacidad de la tecnología para capturar CO<sub>2</sub> puede ser escalada fácilmente agregando más electrodos, según investigadores del National Geographic España.

#### Ejemplos de tecnologías:

**Sistema del MIT:** Utiliza electrodos con poliantraquinona para capturar CO<sub>2</sub> del aire y liberarlo para su almacenamiento o uso.

**Electrodos de carbón activado:** Se han investigado electrodos de carbón activado con alta superficie para la captura electroquímica de CO<sub>2</sub>.

**Tecnologías de electrodos con mediadores redox:** Utilizan mediadores solubles para facilitar la captura y liberación de CO<sub>2</sub> mediante cambios en el pH.

**Tecnología Orca:** Aunque no utiliza electrodos, es un sistema que captura CO<sub>2</sub> de la atmósfera y lo transforma en roca, demostrando la viabilidad de la captura a gran escala.

#### ELECTROREDUCCIÓN DEL CO<sub>2</sub>:

Empleando agua como solvente para la electro-reducción de CO<sub>2</sub>, los distintos metales pueden ser agrupados en función del tipo de producto mayoritario al que dan lugar, del modo siguiente:

- Hidrocarburos y alcoholes (Cu).
- Monóxido de carbono (Au, Ag, Zn, Pd, Ga).
- Ácido fórmico (Pb, Hg, In, Sn, Bi, Cd, Tl).
- Algunos metales no muestran propiedades catalíticas específicas bajo las condiciones estándar de reacción tales como, presión parcial de CO<sub>2</sub> 1 atm y 25°C (Ni, Pt, Fe, Co, Rh, Ir, W). Sin embargo, presentan propiedades catalíticas si se modifican estas condiciones.
- Algunos metales claramente catalizan la formación de hidrógeno incluso si las condiciones de reacción estándar se modifican (Ti, Nb, Ta, Mo, Mn, Al).

#### Esquema industrial alimentado con planta eléctrica de metano natural

El metano natural purificado es fuente eléctrica para la obtención de H<sub>2</sub> verde, O<sub>2</sub> medicinal, H<sub>2</sub>O ultrapura, H<sub>2</sub>O potable, reconversión del CO<sub>2</sub> producido a metano, metanol, ácido acético y energía. El esquema inicial sugerido se presenta en la figura 6 y sería el origen de un complejo industrial que puede luego incorporar cloro soda, amoníaco, fertilizantes, etanol y otros productos.



**Figura 6.** Un ejemplo de cómo se puede utilizar una planta eléctrica alimentada de gas natural minimizando las emisiones de CO<sub>2</sub>

## Conclusiones

- ⦿ Es posible un sistema energético con utilización de gas metano, de bajas emisiones, con almacenaje, reciclado y sin contaminación.
- ⦿ El sistema puede incorporar una estación de celdas de combustible para generación adicional de energía y agua de alta pureza cuando sea requerida.
- ⦿ Para el sistema de salud y la comunidad, se abre un compás interesante de energía circular, con producción de oxígeno, hidrógeno, agua ultra pura, agua potable y posibilidad de plantas adicionales de gran importancia (amoníaco, urea, metanol, etanol, ácido acético, etc.).
- ⦿ Con el sistema electroquímico es posible la obtención de elementos y compuestos químicos de alta pureza, sin contaminación, para satisfacción del sistema de salud pública, privada y comunidad en general.

## Referencias

- 1.- Ricci, E., Di Maio, E., Degli Esposti, M., Liu, L., Mensitieri, G., Fabbri, P., Kentish, S.E. y De Angelis, M.G. (2021). Towards a systematic determination of multicomponent gas separation with membranes: the case of CO<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub> in cellulose acetates, *J. Membr. Sci.* 628, 119226.
- 2.- Samei, M. y Raisi, A. (2021) Multi-stage gas separation process for separation of carbon dioxide from methane: Modeling, simulation, and economic analysis. *Chemical Engineering and Processing - Process Intensification*, 170, 108676.
- 3.- Lele Yang, Xiaodong Chen, Chengyu Huang, Sen Liu, Bo Ning, Kai Wang (2024). Revisión de las tecnologías de separación gas-líquido: mecanismo de separación, ámbito de aplicación, estado de la investigación y perspectivas de desarrollo. *Investigación y diseño en ingeniería química*, 201, 257-274.
- 4.- Miogas (2024) Gas Natural: obtención, composición y creación <https://miogas.com/blog/gas-natural-obtencion-composicion-y-creacion/>
- 5.- Márquez, O. P., Salazar, E., Márquez, J., Martínez, Y., & Manfredy, L. (2016). Evaluación de Nanopartículas de Pt/Rh/Ru Depositadas Sobre Carbón Vítreo Como Catalizador para la Electrooxidación de Metanol. *Revista de Ciencias Naturales Journal of Natural Sciences*, 1, 39-63.
- 6.- Qi Lu and Feng Jiao (2016), Electrochemical CO<sub>2</sub> reduction: Electrocatalyst, reaction mechanism, and process engineering, *Nano Energy*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.nanoen.2016.04.0097>
- 7.- Hatemeh Haghigatjoo, Mohammad Reza Rahimpour (2024) Introducción a las impurezas no ácidas del gas natural: Partículas, condensados, mercurio, nitrógeno, helio. *Avances en el gas natural: formación, procesamiento y aplicaciones*. 5, 3-24. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-19223-4.00009-7>
- 8.- Jessica Gómez P. (2024). Osinergmin. Operación de plantas de procesamiento de gas natural.

- 9.-[http://gasnatural.osinerg.gob.pe/contenidos/uploads/GFGN/Operacion\\_Plantas\\_Procesamiento\\_de\\_Gas\\_Natural.pdf](http://gasnatural.osinerg.gob.pe/contenidos/uploads/GFGN/Operacion_Plantas_Procesamiento_de_Gas_Natural.pdf)
- 10.- Balat, M. (2007). Status of Fossil Energy Resources: A Global Perspective. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 2(1), 31–47.
- 11.- Gad, M.S., Shoaib, A. M., Awad, M., Elmawgoud, H. A., Khalil, S. A., & Alsabagh, A. M. (2025). Innovative role of Benzalkonium chloride as a quaternary ammonium salt for natural gas hydrate formation and storage. *Scientific Reports*, 15(1), 16144.
- 12.- Wilk-Jakubowski, J. L., Pawlik, L., Frej, D., & Wilk-Jakubowski, G. (2025). Data-Driven Computational Methods in Fuel Combustion: A Review of Applications. *Applied Sciences*, 15(13), 7204.
- 13.- Ohte, N. (2025). Ecosystem responses and behaviors under changing pressure of air pollutants: Special article collection from the 10th International Conference on Acid Deposition “ACID RAIN 2020”. *Ecological Research*, 40(3), 245-248
- 14.- Wilson, E. F., Taiwo, A. J., Chineme, O. M., Temitope, A. Y., Chukwuka, E. F., Olufemi, A. M., ... & Adesanya, Z. (2022). A review on the use of natural gas purification processes to enhance natural gas utilization. *Int. J. Oil, Gas Coal Eng*, 11, 17-27.
- 15.- Mohd Pauzi, M. M. I., Azmi, N., & Lau, K. K. (2022). Emerging solvent regeneration technologies for CO<sub>2</sub> capture through offshore natural gas purification processes. *Sustainability*, 14(7), 4350.
- 16.- Olga P. Márquez, Yris Martínez, Keyla Márquez, Elkis Weinhold, Reynaldo Ortíz (2022) Electroquimienergía y cambio climático: Una revisión. *InfoANALÍTICA*, 10 (1) 43-82. DOI 10.26807/ia.
- 17.- Ghorbani, B., Hamedi, M. H., Amidpour, M., & Mehrpooya, M. (2016). Cascade refrigeration systems in integrated cryogenic natural gas process (natural gas liquids (NGL), liquefied natural gas (LNG) and nitrogen rejection unit (NRU)). *Energy*, 115, 88-106.
- 18.- Ghaib, K.; Nitz, K.; Ben-Fares, F.-Z. Chemical Methanation of CO<sub>2</sub>: A Review. *ChemBioEng Rev.* 2016, 3, 266–275.
- 19.- SALDÍVAR-ESPARZA, Santiago, CABRERA-ROBLES, José Salvador, RETA-HERNÁNDEZ, Manuel. Tecnologías de captura y almacenamiento de dióxido de carbono. *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias*. 2017, 4-12: 22-34.
- 20.- R. Ortíz, O. P. Márquez, J. Márquez, C. Gutiérrez (1995). FTIR spectroscopy study of the Electrochemical Reduction of CO<sub>2</sub> on Various metal Electrodes in methanol, , J. Electroanal. Chem, 390, 99/107,
- 21.- R. M. Hernández, J. Márquez, O. P. Márquez, M. Choy, C. Ovalles, J. J. García, B. Scharifker (1999). Reduction of Carbon dioxide on modified Glassy Carbon Electrodes, J. Electrochem. Soc., 146(11), 4131- 4136
- 22.- Belkys Pérez, Jairo Márquez, Marisela Choy, Olga P. Márquez, Reynaldo Ortíz (2000), Estudios de deposición de cobre sobre acero para la reducción electroquímica de CO<sub>2</sub>, *CIENCIA*, 8 (2), 226-234.

- 23.- Martínez Yris, Hernández Ricardo, Borrás Carlos, Márquez P. Olga, Ortíz Reynaldo, Choy Marisela, Márquez Jairo (2001) Reducción Electroquímica del dióxido de carbono sobre electrodos modificados con partículas metálicas, , Universidad, Ciencia y Tecnología, 5(18), 59-64, 2001
- 24.- R. Ortíz, O. P. Márquez, J. Márquez, C. Gutiérrez. (1995) FTIR spectroscopy study of the Electrochemical Reduction of CO<sub>2</sub> on Various metal Electrodes in methanol, *J. Electroanal. Chem.*, 390, 99/107,
- 25.- Carbon dioxide Electrochemical Reduction on copper electrodes and several electrolytic media B. Pérez, Y. Martinez, J. Márquez, M. Choy, O. P. Márquez (1995) , Proceedings of the International Symposium on Electrochemical Science and Technology, ISEST, Hong Kong, 1, L59-1/ L59- 7, 1995
- 26.- Reduction of Carbon dioxide on modified Glassy Carbon Electrodes, R. M. Hernández, J. Márquez, O. P. Márquez, M. Choy, C. Ovalles, J. J. García, B. Scharifker, *J. Electrochem. Soc.*, 146(11), 4131- 4136, 1999
- 27.- <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2021.119226>.Gabi, K.; Nitz, K.; Ben-Fares, F.-Z. Chemical Methanation of CO<sub>2</sub>: A Review. *ChemBioEng Rev.* 2016, 3, 266–275.
- 28.- MevisseF., Krewinkel, R., & Wiedermann, A. (2025). The Future of Industrial Gas Turbines: Technological Advances and Market Trends. *Journal of Thermal Science and Engineering Applications*, 1-42
- 29.- National Academies of Sciences, Medicine, Division on Engineering, Physical Sciences, Aeronautics, Space Engineering Board, & Compite on Advanced Technologies for Gas Turbines. (2020). Advanced technologies for gas turbines. National Academies Press.
- 30.- Shu, G., Yu, C., Shen, G., He, A., Wang, Z., & Wang, X. (2023). Development of heavy-duty gas turbines in China in the new era. *Strategic Study of Chinese Academy of Engineering*, 24(6), 184-192.
- 31.- Jamel, M. S., Abd Rahman, A., & Shamsuddin, A. H. (2013). Advances in the integration of solar thermal energy with conventional and non-conventional power plants. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 20, 71-81.
- 32.- Yodovard, P., Quedará, J., & Hirunlabh, J. (2001). The potential of waste heat thermoelectric power generation from diesel cycle and gas turbine cogeneration plants. *Energy sources*, 23(3), 213-224
- 33.- Boretti, A. (2025). Combined cycle gas turbine (CCGT) plants utilizing methane-hydrogen blends represent a significant element in Australia's journey toward achieving net-zero emissions. *Fuel*, 381, 133339.
- 34.- Garcia, J., & Guédez, R. (2025). Techno-economic assessment of retrofitted combined-cycles for power-to-hydrogen-to-power systems in European electricity markets. *International Journal of Hydrogen Energy*, 190, 152177.
- 35.- in European electricity markets. *International Journal of Hydrogen Energy*, 190, 152177

- 36.- Mondol, J. D., & Carr, C. (2017). Techno-economic assessments of advanced Combined Cycle Gas Turbine (CCGT) technology for the new electricity market in the United Arab Emirates. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 19, 160-172.
- 37.- Mondol, J. D., & Carr, C. (2017). Techno-economic assessments of advanced Combined Cycle Gas Turbine (CCGT) technology for the new electricity market in the United Arab Emirates. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 19, 160-172.
- 38.- Stanojević, N., Vasić, M., & Popović, V. (2021). The contribution of cng powered vehicles in the transition to zero emission mobility example of the light commercial vehicles fleet. *Thermal Science*, 25(3), 1867-1878.
- 39.- Zardoya, A. R., Lucena, I. L., Bengoetxea, I. O., & Orosa, J. A. (2023). Research on the new combustion chamber design to operate with low methane number fuels in an internal combustion engine with pre-chamber. *Energy*, 275, 127458.
- 40.- Choi, C. H., Lee, J. Y., Kim, D. J., Woo, S. G., & Uhm, H. S. (2019). Methane Disintegration by Water Vapor in a Hot Chamber heated by Using a Microwave Steam Torch. *Journal of the Korean Physical Society*, 75(5), 367-372.
- 41.- Jiang, Y., Li, L., Zhang, J., Li, W., Zhao, X., Xie, Y., ... & Zhong, M. (2025). Electrochemical CO<sub>2</sub> reduction using membrane electrode assemblies: progress, challenges, and opportunities. *Chemistry—An Asian Journal*, 20(18), e00685.
- 42.- Kang, J. S., Kim, S., & Hatton, T. A. (2021). Redox-responsive sorbents and mediators for electrochemically based CO<sub>2</sub> capture. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 31, 100504.
- 43.- Hou, M., Li, L., Xu, R., Lu, Y., Song, J., Jiang, Z., ... & Jian, X. (2025). Precursor-chemistry engineering toward ultrapermeable carbon molecular sieve membrane for CO<sub>2</sub> capture. *Journal of energy chemistry*, 102, 421-430
- 44.- Hou, M., Li, L., Xu, R., Lu, Y., Song, J., Jiang, Z., ... & Jian, X. (2025). Precursor-chemistry engineering toward ultrapermeable carbon molecular sieve membrane for CO<sub>2</sub> capture. *Journal of energy chemistry*, 102, 421-430
- 45.- Xia, Q., Zhang, K., Zheng, T., An, L., Xia, C., & Zhang, X. (2023). Integration of CO<sub>2</sub> capture and electrochemical conversion: focus review. *ACS Energy Letters*, 8(6), 2840-2857.

# Normas para los autores

## Normas para los autores

### Normas para los autores

El idioma oficial de la revista es el español, aunque podría considerarse artículos en idioma inglés para que alcance una mayor audiencia,

### Criterios de Evaluación y Condiciones

#### Generales:

Las contribuciones técnicas que se publiquen deberán estar enmarcadas en los requisitos fijados por la presente norma y aceptadas por el Comité Editorial. Los trabajos publicados en RITE son de su propiedad intelectual, con las excepciones que se estipulan en el Convenio de Publicación y no podrán ser reproducidas por ningún medio sin la autorización escrita del comité editorial.

Los autores deberán indicar, al final del manuscrito, nombre y apellido, título académico, lugar de trabajo, cargo que desempeñan y dirección completa, incluyendo correo electrónico

#### Contribuciones

El comité editorial acepta siete tipos de contribuciones para publicación: Artículos técnicos, artículos de ingeniería aplicada, comunicaciones, revisiones, notas técnicas, ensayos y artículos de difusión.

#### Artículos Técnicos:

Son aquellas contribuciones que además de informar novedades y adelantos en las especialidades que abarca RITE, son el resultado de un trabajo de investigación, bien sea bibliográfico o experimental, en el que se han obtenido resultados, se discutieron y se llegaron a conclusiones que signifiquen un aporte relevante en Ciencia, Tecnología e información para su difusión.

#### Artículos de ingeniería aplicada y educación:

Son el resultado de trabajos de grado (Especialización, Maestría y Doctorado) o de investigación en el ámbito universitario e industrial, bien sea experimental y/o no experimental, que signifiquen un aporte tecnológico para la resolución de problemas específicos en el sector industrial y en educación.

#### Comunicaciones:

Son reportes de resultados originales de investigaciones de cualquier campo de la educación, las ciencias básicas o aplicadas, dirigidas a una audiencia especializada. Podrá ser de hasta 10 cuartillas.

### **Revisões:**

Son artículos solicitados por invitación del comité editorial y comentan la literatura más reciente sobre un tema especializado en particular.

### **Notas Técnicas:**

Son aquellas contribuciones producto de investigación destinadas a informar novedades y/o adelantos en las especialidades que abarca RITE. Podrán presentarse en una extensión máxima de diez (10) cuartillas, incluyendo figuras y tablas, las que deberán cumplir las condiciones que para ellas se establezca.

### **Artículos de difusión:**

Son aquellos que reportan una idea con hechos de actualidad, relacionada con la proyección de la revista, sin entrar en detalles. El comité editorial se reserva el derecho de seleccionar los artículos técnicos, de educación y los de ingeniería aplicada consignados para publicación, después de consultar por lo menos a dos árbitros.

### **Ensayos:**

Son textos que analizan, interpretan o evalúan un tema de investigación en particular. Debe presentar argumentos y opiniones sustentadas. Los artículos remitidos para su publicación tienen que ser inéditos. No serán aceptados aquellos que contengan material que haya sido reportado en otras publicaciones o que hubieran sido ofrecidos por el autor o los autores a otros órganos de difusión nacional o internacional para su publicación.

### **Normas para la presentación de artículos y documentos:**

Todas las contribuciones deberán prepararse en procesador de palabras Microsoft office Word a espacio 1,5 en papel tamaño carta, tipo de letra Arial 12, con todos los márgenes de 2,5 cm, anexando su versión digital.

Los artículos técnicos, los de educación y los de ingeniería aplicada deberán tener una extensión mínima de 10 páginas y un máximo

de 20 (excepto para las revisiones, que no tendrán límites de páginas), incluyendo ilustraciones (figura + tablas)

### **Composición**

Los artículos técnicos y de ingeniería aplicada deberán ordenarse en las siguientes secciones: título en español, nombre completo de autores, resumen en español y palabras clave, título en inglés, resumen en inglés (Abstract) y (Key words), introducción, desarrollo, conclusiones, referencias bibliográficas.

### **Título en español:**

Debe ser breve, preciso y codificable, sin abreviaturas, paréntesis, formulas ni caracteres desconocidos, que contenga la menor cantidad de palabras que expresen el tema que trata el artículo y pueda ser registrado en índices internacionales. El autor deberá indicar también un título más breve para ser utilizado como encabezamiento de cada página.

### **Nombre completo de los autores:**

Además de indicar nombre y apellido de los autores, en página aparte se citará título académico, lugar de trabajo, cargo y dirección completa, incluyendo teléfono y correo electrónico.

### **Resumen en español y palabras clave:**

Señalando en forma concisa los objetivos, metodología, resultados y conclusiones más relevantes del estudio, con una extensión máxima de 250 palabras. No debe contener abreviaturas ni referencias bibliográficas y su contenido se debe poder entender sin tener que recurrir al texto, tablas y figuras. Al final del resumen incluir de 3 a 5 palabras clave que describan el tema del trabajo, con el fin de facilitar la inclusión en los índices internacionales.

### **Títulos, resumen y palabras en inglés:**

(Abstract y keywords). Es la versión en inglés de título, resumen y palabras clave en español.

**Introducción:**

En ella se expone el fundamento del estudio, el estado del arte en forma concisa, planteamiento del problema y objetivo del trabajo.

**Cuerpo del Artículo:**

Se presenta en diversas secciones:

**Métodos y Materiales:**

Donde se describe el diseño de la investigación y se explica cómo se llevó a la práctica, las especificaciones técnicas de los materiales, cantidades y métodos de preparación.

**Resultados:**

Donde se presenta la información pertinente a los objetivos del estudio y los hallazgos en secuencia lógica.

**Discusión:**

Donde se examinarán e interpretarán los resultados que permitan sacar las conclusiones derivadas de esos resultados con los respectivos argumentos que las sustentan.

**Conclusiones:**

En este aparte se resume, sin mencionar los argumentos que las soportan, los logros extraídos en la discusión de los resultados, expresadas en frases cortas y breves.

**Referencias Bibliográficas:**

Debe evitarse toda referencia a comunicaciones y documentos privados de difusión limitada, no universalmente accesibles, las referencias deben ser citadas y numeradas secuencialmente en el texto con números arábigos entre corchetes. (Sistema orden de citación), al final del artículo se indicarán las fuentes, como se expresa a continuación, en el mismo orden en que fueron citadas en el texto, según se trate de:

**Libros:**

Autor (es) (apellidos e iniciales de los nombres), título, numero de tomo o volumen (si hubiera más de uno), numero de edición (2da en adelante), lugar de edición, ciudad, nombre de la editorial, número(s) de páginas(s), año.

**Artículos de revistas:**

Autor(es) del artículo (apellido e iniciales de los nombres), año, título del artículo, nombre de la revista, numero de volumen, número del ejemplar, número(s) de páginas(s).

**Trabajos presentados en eventos:**

Autor(es), (apellido e iniciales de los nombres), título del trabajo, nombre del evento, fecha, numero(s) de página (s).

**Publicaciones en medio electrónicos:**

Si se trata de información consultada en internet, se consignarán todos los datos como se indica para libros, artículos de revistas y trabajos presentados en eventos, agregando página web y fecha de actualización; si se trata de otros medios electrónicos, se indicarán los datos que faciliten la localización de la publicación.

**Ilustraciones:**

Incluir en el texto un máximo de 12 (doce) ilustraciones (figuras y tablas).

**Figuras:**

Todos los gráficos, dibujos, fotografía, esquemas deberán ser llamados figuras y enumerados con números arábigos en orden correlativo, con la leyenda explicativa que no se limite a un título o a una referencia del texto en la parte inferior y ubicadas inmediatamente después del párrafo en que se cita en el texto. Las fotografías deben ser nítidas y bien contrastadas, sin zonas demasiado oscuras o extremadamente claras.

## **Tablas:**

Las tablas deberán enumerarse con números arábigos y leyendas en la parte superior y ubicarse inmediatamente después del párrafo en el que se citan en el texto. Igual que para las figuras, las leyendas deberán ser explicativas y no limitarse a un título o a una referencia del texto.

## **Unidades:**

Se recomienda usar las unidades del sistema métrico decimal, si hubiera necesidad de usar unidades del sistema anglosajón (pulgadas, libras, etc.), se deberán indicar las equivalencias al sistema métrico decimal.

## **Siglas y abreviaturas:**

Si se emplean siglas y abreviaturas poco conocidas, se indicará su significado la primera vez que se mencionen en el texto y en las demás menciones bastará con la sigla o la abreviatura.

## **Fórmulas y ecuaciones:**

Los artículos que contengan ecuaciones y fórmulas en carácter arábigo deberán ser generados por editores de ecuaciones actualizados con numeración a la derecha.

## **Normas técnicas del diseño**

### **Diseño y versión:**

#### **Formato electrónico.**

Debe respetarse la diagramación establecida y los originales publicados en las ediciones de esta Revista; son propiedad del Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico, Tecnológico y de las Artes (CDCHTA) de la Universidad de Los Andes, siendo necesario citar la procedencia en cualquier reproducción parcial o total.

### **Sitio Web**

Web Repositorio Institucional SaberULA ([www.saber.ula.ve](http://www.saber.ula.ve)).

## **Dirección institucional**

Dirección institucional Hacienda Judibana. Kilómetro 10, Sector La Pedregosa. El Vigía - 5145- Edo. Mérida.

**Contactos Tel:** 0275-8817920/0414-0078283

**E-mail:** [rite@ula.ve](mailto:rite@ula.ve)

**E-mail:** [riteula2017@gmail.com](mailto:riteula2017@gmail.com)

# Instructions for authors

## Instructions for authors

The official language of the journal is Spanish, although it could be considered papers in English to reach a wider audience.

## Evaluation Criteria and Conditions

### General:

The technical contributions that are published must be framed in the requirements established by this standard and accepted by the Editorial board.

The works published in RITE are its intellectual property, with the exceptions that are stipulated in the Publication Agreement and may not be reproduced by any means without the written authorization of the editorial board.

Authors must indicate, at the bottom of the manuscript first and last name, academic title, place of work, position they hold and full address, including email

## Contributions

The editorial board accepts seven types of contributions for publication: Technical papers, applied engineering papers, short communications, reviews, technical notes, essays and diffusion papers.

### Technical Papers:

Are those contributions that, in addition to informing news and advances in the specialties covered by RITE, are the result of a research work, either bibliographic or experimental, in which results have been obtained, discussed, leading to reliable conclusions, that mean a relevant contribution in Science, Technology and information.

### Papers of applied engineering and education:

They could be the result of graduate thesis (Specialization, Master degree and Doctorate) or research in the academic and industrial field, either experimental and / or theoretical, that means a technological contribution for solving specific problems in the industrial sector and in education.

### Communications:

These are reports of original research resulting from any field of education, basic or applied sciences, aimed at a specialized audience. It could cover up to 10 pages.

### Reviews:

These are papers requested, by invitation, of the editorial board and comment on the most

recent literature on a particular specialized topic.

#### **Technical notes:**

Are those contributions produced by research aimed at informing news and / or advances in the subjects covered by RITE. They may be submitted in a maximum length of ten (10) pages, including figures and tables, which must meet the conditions previously established for them.

#### **Diffusion papers:**

Are those that report an idea including current events, related to the projection of the journal, without going into details.

#### **Essays:**

These are texts that analyze, interpret or evaluate a particular research topic. Supported arguments and opinions are requested.

The editorial board reserves the right to select technical, educational and applied engineering papers consigned for publication, after consulting, at least, two reviewers.

Papers submitted for publication must be unpublished before. Those papers containing material that has been reported elsewhere or that have been offered by the author or authors to other national or international broadcasting bodies for publication will not be accepted.

#### **Rules for submitting papers and documents:**

All contributions must be prepared using Microsoft office Word processor at 1.5 spacing on letter size paper, Arial 12, with all margins at 2.5 cm, their digital version should be sent as an attachment.

All papers, should have a minimum of 10 and a maximum of 20 pages (except for the reviews that have a free number of pages), including illustrations (figure + tables).

#### **Composition:**

All papers must be divided as follows:

Titles in English and Spanish, Full name of authors and affiliation institution, abstract and keywords in English and Spanish, introduction, development, conclusions, acknowledgements and bibliographic references.

#### **Title:**

It must be brief, precise and codable, without abbreviations, parentheses, formulas or unknown characters. It should contain the fewest words that express the subject of the paper and enable its registration in the international indexes. The author should also indicate a shorter title to be used as the heading for each page.

#### **Full name of the authors:**

In addition to indicating the name and surname of the authors, on a separate page the academic title, place of work, position and full address will be cited, including telephone and email.

#### **Abstract and keywords:**

They must, Concisely, mean the objectives, methodology, results and most relevant conclusions of the study, with a maximum length of 250 words. It should not contain abbreviations or bibliographic references and its content should be understandable without having to resort to the text, tables and figures. At the end of the abstract, include 3 to 5 keywords that describe the subject of the work, in order to facilitate inclusion in international indexes

#### **Titles, abstract and words in English:**

(Abstract and keywords). It is the English version of the title, abstract and keywords in Spanish. Introduction: It presents the foundation of the study, the state of the art in a concise way, statement of the problem and objective of the work.

**Body of the paper:**

It is presented in various sections:

**Methods and Materials:**

Where the research design is described and how it was carried out, the technical specifications of the materials, quantities and preparation methods are explained.

**Results:**

Where the information pertinent to the objectives of the study and the findings are presented in logical sequence.

**Discussion:** Where the results will be examined and interpreted that allow drawing the Conclusions derived from those results with the respective arguments that support them.

**Conclusions:**

This section summarizes, without mentioning the supporting arguments, the achievements obtained in the discussion of the results, expressed in short and brief sentences.

**Bibliographic References:**

Avoid any reference to communications and private documents of limited diffusion, not universally accessible, the references should be cited and numbered sequentially in the text with Arabic numbers in brackets. (Citation order system), at the end of the paper, the sources will be indicated, as expressed below, in the same order in which they were cited in the text, depending on whether they are:

**Books:**

Author (s) (surnames and initials of the names). title, volume or volume number (if there is more than one), edition number (2nd onwards), place of publication, city, name of the publisher, number (s) of pages (s), year.

**Journal papers:**

Author (s) of the paper (surname and

initials), year, paper title, journal name, volume number, issue number, number (s) of pages (s).

Contributions to congresses and symposia Author (s), (surname and initials of the names), title of the work, name of the event, date, number (s) of page (s).

**Publications in electronic media:**

If it is information consulted on the internet, all the data will be consigned as indicated for books, journal papers and papers presented at events, adding a website and update date; If it is other electronic means, the data that facilitate the location of the publication will be indicated. Illustrations: Include in the text a maximum of 12 (twelve) illustrations (figures and tables).

**Figures:**

All graphics, drawings, photographs, diagrams must be called figures and numbered with Arabic numbers in correlative order, with the explanatory legend that is not limited to a title or a text reference at the bottom and located immediately after the paragraph in which it is cited in the text. Photographs must be sharp and well contrasted, without areas that are too dark or extremely light.

**Tables:**

Tables must be numbered with Arabic numbers and legends at the top and immediately after the paragraph in which they are cited in the text. As for the figures, the legends should be explanatory and not limited to a title or a text reference.

**Units:**

It is recommended to use the units of the metric system, if there is a need to use units of the Anglo-Saxon system (inches, pounds, etc.), the equivalents in the metric system must be indicated.

**Acronyms and abbreviations:**

If little-known acronyms and abbreviations are used, their meaning will be indicated the

first time they are mentioned in the text and, after that, the acronym or abbreviation will be enough.

#### **Formulas and equations:**

Papers that contain equations and formulas in Arabic must be generated by updated equation editors with numbering on the right hand side.

#### **Technical standards for design and version:**

Electronic format. The established layout must be respected and the originals published in the editions of this Journal are the property of the Council for Scientific, Humanistic, Technological and Arts Development (CDCHTA) of the University of The Andes, being necessary to cite the origin in any partial or total reproduction.

#### **Web Site:**

SaberULA Institutional Repository ([www.saber.ula.ve](http://www.saber.ula.ve)).

#### **Institutional Directorate:**

Hacienda Judibana. Kilometer 10, La Pedregosa Sector. The Watcher - 5145- Edo. Mérida

#### **Contacts Tel:**

0275-8817920 / 0414-0078283

E-mail: [rite@ula.ve](mailto:rite@ula.ve)

E-mail: [riteula2017@gmail.com](mailto:riteula2017@gmail.com)

*Esta versión electrónica de **La Revista de Ingeniería y Tecnología Educativa (RITE)**,  
se realizó cumpliendo con los criterios y lineamientos establecidos para la edición  
electrónica en el **Volumen 8, N° 2**, publicada en el repositorio institucional saberula  
Universidad de Los Andes – Venezuela  
[www.saber.ula.ve](http://www.saber.ula.ve)  
[info@saber.ula.ve](mailto:info@saber.ula.ve)*

*El Consejo de Desarrollo, Científico, Humanístico, Tecnológico y de las Artes de la ULA es el organismo encargado de promover, financiar y difundir la actividad investigativa en los campos científicos, humanísticos, sociales y tecnológicos, humanísticos y de las artes*



## Objetivos Generales del CDCHTA

El CDCHTA de la Universidad de Los Andes desarrolla políticas centradas en tres grandes objetivos:

- Apoyar al investigador y a su generación de relevo.
- Fomentar la investigación en todas las unidades académicas de la ULA, relacionando la docencia con la investigación.
- Vincular la investigación con las necesidades del país.

## Objetivos Específicos

- Proponer políticas de investigación y de desarrollo científico, humanístico y tecnológico para la Universidad y presentarlas al Consejo Universitario para su consideración y aprobación.
- Presentar a los Consejos de Facultad y Núcleos Universitarios, a través de las comisiones respectivas, proposiciones para el desarrollo y mejoramiento de la investigación en la Universidad.
- Estimular la producción científica (publicaciones, patentes) de los investigadores, creando para ello una sección que facilite la publicación de los trabajos científicos.
- Auspiciar y organizar eventos para la promoción y evaluación de la investigación y proponer la creación de premios, menciones, certificaciones, etc., que sirvan de estímulo para la superación de los investigadores.
- Emitir opinión a solicitud del Consejo Universitario, sobre los proyectos de creación, modificación, o su presión de centros o institutos de investigación.
- Elevar opinión ante el Consejo Universitario, previa recomendación de las comisiones, sobre los proyectos de convenio con otras instituciones para propiciar el desarrollo de la investigación.

## Estructura

- Vicerrector Académico, Coordinador del CDCHTA.
- Comisión Humanística y Científica.
- Comisiones Asesoras: Publicaciones, Talleres y Mantenimiento, Seminarios en el Exterior, Comité de Bioética.
- Nueve subcomisiones técnicas asesoras.

## Proyectos.

- Seminarios.
- Publicaciones.
- Talleres y Mantenimiento.
- Apoyo a Unidades de Trabajo.
- Equipamiento Conjunto.
- Promoción y Difusión.
- Apoyo Directo a Grupos (ADG).
- Programa Estímulo al Investigador (PEI).
- PPI-Emeritus.
- Premio Estímulo Talleres y Mantenimiento.
- Proyectos Institucionales Coperativos.
- Aporte Red Satelital.
- Gerencia.