

**Diseño de Estrategia Didáctica STEAM para Integrar Química General y Educación
Ambiental en Ingeniería Industrial**

**Design of a STEAM Teaching Strategy to Integrate General Chemistry and
Environmental Education in Industrial Engineering**

Alyn Ferro Nieto¹

Universidad de Holguín. nietoalyn72@gmail.com

Virginia de Miguel Guzmán²

Universidad de Holguín. virginia@uho.edu.cu

Recibido: 10/03/2026

Aceptado: 17/03/2026

Publicado: junio/2026

¿Cómo citar?:

Ferro, A.; De Miguel, V. (2026). Diseño de Estrategia Didáctica STEAM para Integrar Química General y Educación Ambiental en Ingeniería Industrial. Revista Científica Mundo Recursivo, 9(1), 83-108.

¹ Ingeniera Química. Máster en Ingeniería de procesos. Docente y profesora auxiliar del departamento de química de la Facultad de Ciencias Naturales y Agropecuarias. Universidad de Holguín. Cuba. ORCID: 0000-0002-3991-6097

² Lic en Educación Química. Máster en Didáctica de la Química. Docente del departamento de química de la Facultad de Ciencias Naturales y Agropecuarias. Universidad de Holguín. Cuba

RESUMEN

El estudio responde a la necesidad de innovar los procesos de enseñanza-aprendizaje para desarrollar competencias en sostenibilidad en la educación superior, particularmente en la formación en ingeniería. El objetivo fue diagnosticar las insuficiencias en la integración de la educación ambiental en la asignatura Química General de la carrera de Ingeniería Industrial, diseñar una estrategia didáctica con enfoque STEAM y validar su pertinencia mediante juicio de expertos. Se adoptó un diseño descriptivo-propositivo con enfoque mixto y corte transversal. La muestra estuvo conformada por 90 estudiantes seleccionados mediante muestreo intencional no probabilístico, además de 8 docentes entrevistados y 5 expertos participantes en la validación. Se empleó una encuesta estructurada de 11 ítems organizada en dos dimensiones. La confiabilidad global alcanzó un alfa de Cronbach de 0.893. El procesamiento estadístico permitió identificar limitaciones en la transferencia de conocimientos químicos hacia la comprensión de problemáticas ambientales. También se detectaron debilidades en la articulación interdisciplinaria entre los contenidos de la asignatura y los procesos industriales. En respuesta a este diagnóstico, se elaboró un modelo didáctico organizado en módulos integradores que vinculan contenidos químicos, procesos industriales y problemáticas ambientales reales. La validación por expertos confirmó pertinencia, coherencia científica y factibilidad de la propuesta. Se concluye que la estrategia constituye un recurso metodológico replicable para fortalecer la formación ambiental en ingeniería, aunque futuras investigaciones deberán evaluar su impacto en contextos de implementación.

Palabras clave: estrategia didáctica; enfoque STEAM; sostenibilidad; integración curricular; ingeniería industrial

ABSTRACT

This study addresses the need to innovate teaching and learning processes to develop sustainability competencies in higher education, particularly in engineering programs. The objective was to diagnose shortcomings in the integration of environmental education into the General Chemistry course within the Industrial Engineering program, design a STEAM-focused teaching strategy, and validate its relevance through expert review. A descriptive-propositional design with a mixed-methods, cross-sectional approach was adopted. The sample consisted of 90 students selected through non-probability purposive sampling, as well as 8 faculty members interviewed and 5 experts participating in the validation process. An 11-item structured survey organized into two dimensions was used. Overall reliability achieved a Cronbach's alpha of 0.893. Statistical analysis identified limitations in the transfer of chemical knowledge to the understanding of environmental issues. Weaknesses were also detected in the interdisciplinary articulation between the course content and industrial processes. In response to this diagnosis, a didactic model was developed, organized into integrated modules that link chemical content, industrial processes, and real-world environmental problems. Expert validation confirmed the relevance, scientific coherence, and feasibility of the proposal. It is concluded that the strategy constitutes a replicable methodological resource for strengthening environmental education in engineering, although future research should evaluate its impact in implementation contexts.

Keywords: teaching strategy; STEAM approach; sustainability; curriculum integration; industrial engineering.

INTRODUCCIÓN

El acelerado desarrollo científico-tecnológico y los procesos de industrialización han generado impactos ambientales cada vez más complejos, colocando a la sostenibilidad como

un eje estratégico en la formación profesional contemporánea. La problemática ambiental requiere analizar los valores, creencias, saberes y contextos culturales que orientan la relación del ser humano con la naturaleza, por lo que los programas educativos deben vincular conocimientos científicos con prácticas sociales y culturales (Acosta et al., 2018; Morales et al., 2021).

La educación, desde edades tempranas hasta la formación universitaria, constituye un pilar fundamental para sensibilizar sobre los problemas ambientales y desarrollar competencias sostenibles (Ambe & Agbor, 2014; Acosta et al., 2018; Morales et al., 2021; Guamán & Espinoza, 2022). En el contexto cubano, la Estrategia Ambiental del Ministerio de Educación Superior refuerza la cultura ambiental reflejada en la práctica profesional (Valiente & Turro, 2024).

La disciplina Química General, como disciplina básica de la Ingeniería Industrial, puede contribuir al desarrollo de competencias ambientales mediante la integración curricular de conocimientos, habilidades y valores orientados a la gestión ambiental y la mejora de sistemas industriales. Además, su conexión con otras disciplinas fomenta la interdisciplinariedad y la motivación investigativa lo que fortalece la preparación integral en los estudiantes (Figueredo et al., 2018; Dahlin & Leifler, 2020; Vera et al., 2022).

El enfoque STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemáticas) permite un aprendizaje contextualizado y holístico, conectando teoría y práctica, y fortaleciendo competencias en sostenibilidad (Santillán et al., 2020; Pineda, 2023; Li, 2024; Lema & Rivadeneira, 2025; Tarlochan et al., 2025; Tapia & Gómez, 2025).

Por ello, el presente estudio tiene como objetivo diagnosticar las insuficiencias en la integración de la educación ambiental en la asignatura Química General de la carrera de Ingeniería Industrial, diseñar una estrategia didáctica con enfoque STEAM y validar su

pertinencia y factibilidad mediante juicio de expertos. La propuesta busca superar la enseñanza fragmentada para desarrollar competencias de sostenibilidad en los futuros ingenieros.

DESARROLLO

La educación ambiental como instrumento dinámico en la formación profesional no solo busca transmitir información, sino generar actitudes y competencias que permitan a los futuros profesionales enfrentar problemas ambientales complejos. La literatura evidencia que su práctica sistemática, potencia la adquisición de hábitos sostenibles y habilidades para la resolución de problemas ambientales (Ambe & Agbor, 2014; Guamán & Espinoza, 2022).

La integración de la dimensión ambiental en carreras universitarias permite desarrollar conocimientos, hábitos y valores que respondan a los problemas ambientales nacionales, garantizando profesionales capaces de aplicar los avances científicos a la práctica (Salgado & Céspedes, 2017; Cantillo et al., 2024).

Dicha integración en la formación de ingenieros es un imperativo global reconocido por organismos internacionales y sistemas de acreditación (González, 2025; UNESCO, 2017), dada la relevancia de su rol en la reducción de impactos ambientales negativos. No obstante, persisten desafíos didácticos para superar la enseñanza fragmentada de las ciencias básicas y lograr que los estudiantes apliquen conocimientos en la solución de problemas complejos (Legnani, 2008; Machín et al., 2017; Dahlin & Leifler, 2020; Gozin & Hatami, 2024).

Las universidades cubanas al amparo de la Estrategia Ambiental del Ministerio de Educación Superior encausan sus esfuerzos a la integración de ciencia y tecnología con procesos educativos que desarrollen cultura ambiental (Acosta et al., 2018; Valiente & Turro, 2024). Esto se traduce en la adopción de estrategias interdisciplinarias y en la incorporación de la educación ambiental en todas las asignaturas del plan de estudios, fortaleciendo la capacidad

de los estudiantes para aplicar conocimientos a situaciones reales y a problemáticas locales (Salgado & Céspedes, 2017).

En la formación del ingeniero industrial, la disciplina Química General, posee una estructura curricular que permite trabajar contenidos que relacionan procesos químicos con sistemas industriales, preparando a los estudiantes para diseñar, evaluar y optimizar procesos con criterios de sostenibilidad.

Actualmente, el principal reto docente y metodológico deberá ser el enfoque orientado al pensamiento sistémico, la capacidad de percibir otras perspectivas y el desarrollo de habilidades de búsqueda e investigación científica en los estudiantes para la solución de problemas ambientales emergentes a través de la integración de contenidos específicos de Química General con otras disciplinas como sugieren Figueredo et al., (2018); Dahlin & Leifler, (2020); Vera et al., (2022) y Cantillo et al., (2024).

El enfoque STEAM emerge como alternativa pedagógica integrando saberes de ciencia, tecnología, ingeniería, arte y matemáticas lo que fomenta la interdisciplinariedad (Santillán et al., 2020; Pineda, 2023; Li, 2024). La aplicación de STEAM en la formación de ingenieros industriales permite que los estudiantes establezcan vínculos entre fundamentos teóricos y problemas reales de su entorno, favoreciendo la construcción de competencias de sostenibilidad y la resolución de problemáticas ambientales de manera creativa y efectiva (Lema & Rivadeneira, 2025; Tarlochan et al., 2025; Tapia & Gómez, 2025).

A pesar de su potencial, la implementación del enfoque STEAM y de la educación ambiental en Química General enfrenta retos importantes, entre ellos la fragmentación de contenidos y la limitada articulación con los procesos industriales y el contexto local. Para ello se requieren estrategias didácticas claras, que integren teoría y práctica, promuevan la interdisciplinariedad y fortalezcan la conciencia ambiental, preparando a los futuros ingenieros

para asumir responsabilidades profesionales y ciudadanas frente a los desafíos de sostenibilidad (Legnani, 2008; Machín et al., 2017; Dahlin & Leifler, 2020; Gozin & Hatami, 2024).

En síntesis, la evidencia sugiere que la integración de Química General, la interdisciplinariedad y el enfoque STEAM constituye un camino viable para desarrollar competencias de sostenibilidad, preparando a los estudiantes no solo para comprender los problemas ambientales, sino para diseñar soluciones innovadoras y responsables en su futura práctica profesional.

METODOLOGÍA

Diseño del estudio

La investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto con predominio descriptivo-propositivo. Se adoptó un diseño no experimental, de corte transversal, orientado a: (a) diagnosticar el estado de integración de la educación ambiental en la asignatura Química General; (b) diseñar una estrategia didáctica con enfoque STEAM; y (c) validar su pertinencia y factibilidad mediante juicio de expertos.

El estudio se estructuró en cuatro etapas: diagnóstico, identificación de núcleos de integración disciplinar, diseño del modelo didáctico y validación por expertos.

Participantes y muestreo

La población estuvo conformada por 112 estudiantes del curso diurno de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad de Holguín, correspondientes al curso académico 2024–2025. Se seleccionó una muestra intencional no probabilística de 90 estudiantes (80.3% de la población, lo que garantiza la adecuada representatividad para los fines de diagnóstico del estudio) distribuidos en 50 estudiantes de primer año y 40 estudiantes de segundo año. El criterio de inclusión consistió en estar matriculado en la asignatura Química General o haberla

cursado en el período inmediato anterior. La participación fue voluntaria. No se establecieron criterios de exclusión adicionales.

Asimismo, participaron 8 profesores de la disciplina y de la carrera en entrevistas semiestructuradas, y 5 expertos en el proceso de validación de la estrategia didáctica (3 doctores en ciencias y 2 másteres), con más de 15 años de experiencia docente e investigativa en didáctica de las ciencias.

Instrumentos

El instrumento fue diseñado a partir de la revisión de literatura especializada en educación ambiental, integración curricular y enfoque STEAM, así como de los lineamientos de la estrategia curricular de medioambiente del Plan de Estudios E.

- Encuesta diagnóstica

Se diseñó un cuestionario estructurado de 11 ítems organizados en dos dimensiones:

- a. Dimensión 1: Integración curricular de la educación ambiental en las asignaturas del año (ítems 1–6).
- b. Dimensión 2: Transferencia y contextualización de conocimientos químicos en las asignaturas del año (ítems 7–11).

Los ítems fueron formulados en escala tipo Likert de cinco puntos, para la dimensión 1 (1 = totalmente en desacuerdo, 2 = en desacuerdo, 3 = neutral, 4 = de acuerdo, 5 = totalmente de acuerdo) y para la dimensión 2, (1 = nunca, 2 = rara vez, 3 = a veces, 4 = frecuentemente, 5 = siempre).

El instrumento fue sometido a validación de contenido mediante criterio de tres especialistas en didáctica de las ciencias, quienes evaluaron claridad, pertinencia y coherencia de los ítems. A partir de sus sugerencias se realizaron ajustes de redacción.

La confiabilidad del instrumento se estimó mediante el coeficiente alfa de Cronbach, obteniéndose un valor de 0.893 para el total de 11 ítems, lo que permite su uso como instrumento consistente para medir de manera fiable el constructo subyacente.

Entrevistas semiestructuradas

Se aplicaron entrevistas a 8 docentes con el propósito de profundizar en la percepción sobre la integración interdisciplinaria y las estrategias metodológicas empleadas. Las entrevistas fueron analizadas mediante categorización temática.

- Instrumento de validación por expertos

Para la validación de la estrategia didáctica se empleó una escala de valoración de cinco puntos (1 = mal, 5 = excelente), considerando tres criterios: pertinencia, factibilidad y rigor científico. Se calculó la media aritmética y el nivel de consenso general.

- Procedimiento

En la fase diagnóstica se aplicó la encuesta de forma presencial en horario académico a los estudiantes y se realizaron entrevistas a docentes. Además, se efectuó el análisis documental del Plan de Estudios E y de las estrategias curriculares de la carrera. Con base en los resultados obtenidos, se identificaron los núcleos de integración entre contenidos químicos, procesos industriales y problemáticas ambientales, lo que permitió estructurar el modelo didáctico. La propuesta fue sometida a validación por expertos, quienes emitieron valoraciones cuantitativas y observaciones cualitativas, incorporadas a la versión final del modelo.

- Análisis de datos

Los datos cuantitativos derivados de la encuesta fueron procesados mediante estadística descriptiva (media, mediana, desviación estándar), complementándose con comparación porcentual del puntaje máximo posible, permitiendo interpretar la magnitud relativa de las dimensiones evaluadas. Los datos cualitativos procedentes de entrevistas y observaciones de

expertos fueron analizados mediante categorización temática, identificando regularidades y sugerencias de mejora.

- Consideraciones éticas

Se garantizó la participación voluntaria de los estudiantes y docentes, preservando anonimato y confidencialidad de la información. Los datos fueron utilizados exclusivamente con fines académicos e investigativos.

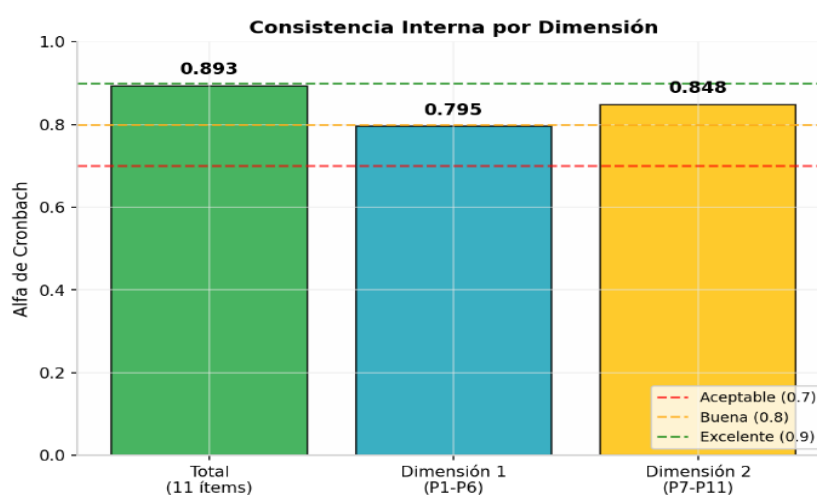
RESULTADOS

- Diagnóstico de la integración de la educación ambiental en la carrera de Ingeniería Industrial.

Se evaluó la consistencia interna del instrumento para determinar la fiabilidad de las dimensiones analizadas. Los resultados evidencian niveles adecuados de coherencia interna, lo que respalda la estabilidad de las mediciones y la pertinencia del instrumento para evaluar la integración curricular y los métodos de enseñanza en el contexto estudiado, coincidiendo con Cresp et al. (2024); Fabila et al. (2013) y Sánchez & Torres (2022) como muestra la figura 1.

Figura 1.

Consistencia interna del instrumento aplicado.



Con el propósito de sintetizar los resultados del instrumento aplicado, se agruparon los ítems en dos dimensiones analíticas: (a) integración curricular de la educación ambiental y (b) transferencia y contextualización de los conocimientos químicos. En la tabla 1 se muestran los resultados obtenidos en el análisis descriptivo realizado por ítem.

Tabla 1.

Estadístico descriptivo por ítem.

Ítem	Media	Mediana	Desv. Est	Mín.	Máy.	Interpretación
P1	3.7	4	0.93	1	5	Aplicación práctica de contenidos ambientales
P2	3.5	4	0.974	1	5	Evaluación formal de contenidos
P3	4.1	4	0.984	1	5	Relación Química-asignaturas en temas ambientales
P4	3.556	3	0.795	2	5	Claridad en integración curricular
P5	3.644	4	0.769	2	5	Comprensión de fenómenos ambientales
P6	3.367	3	0.942	1	5	Variedad de métodos de enseñanza
P7	3.711	4	0.997	2	5	Uso de conferencias
P8	3.322	3	1.11	1	5	Uso de clases prácticas/talleres
P9	3.622	3.5	1.001	1	5	Uso de seminarios
P10	3.356	3	1.183	1	5	Uso de laboratorios
P11	3.644	4	1.053	1	5	Uso de proyectos

Nota: Elaboración propia a partir de los datos de la investigación.

Como aspectos positivos, los estudiantes reconocen la relación de la Química con otras asignaturas del año, las conferencias son el método más utilizado y reconocido en ambos años, desde su percepción, los contenidos ambientales tienen aplicación práctica reconocida y los conocimientos adquiridos en Química permiten comprender los problemas ambientales. Las principales deficiencias identificadas se concentran en los ítems con menor puntaje en la media (P8, P10, P6 y P2), sugiriendo que los estudiantes perciben poca frecuencia en tratar los contenidos ambientales en clases prácticas, infrecuente en los laboratorios, limitada variedad en los métodos de enseñanza y la evaluación formal de contenidos ambientales es insuficiente.

Al establecer un análisis comparativo por año académico y dimensión se observa un cambio interesante en la estructura de las respuestas como se muestra en la tabla 2:

Tabla 2.

Análisis comparativo por año académico y dimensión

DIMENSIÓN 1: Percepción sobre Integración Curricular (P1-P6)								
Año	n	Media	Mediana	Desv. Est	Mín	Máx	% Máx	Alfa
1ro Año	50	23.9	24	2.873	19	30	79.7%	0.795
2do Año	40	19.325	19	3.285	11	27	64.4%	0.795
DIMENSIÓN 2: Métodos de Enseñanza Específicos (P7-P11)								
Año	n	Media	Mediana	Desv. Est	Mín	Máx	% Máx	Alfa
1ro Año	50	20.66	21	2.37	14	25	82.6%	0.848
2do Año	40	13.9	14	2.762	9	21	55.6%	0.848

Nota: Elaboración propia a partir de los datos de la investigación.

Aunque la correlación sigue siendo fuerte en ambos grupos, el comportamiento de los estudiantes varía de un año al otro. Los resultados evidencian una brecha significativa entre estudiantes de primer y segundo año en ambas dimensiones evaluadas. Mientras en primer año se percibe una integración explícita de contenidos ambientales y una mayor contextualización

de los conocimientos químicos, en segundo año se observa una disminución sustancial en dicha percepción. Esta diferencia sugiere que la articulación interdisciplinaria pierde visibilidad progresivamente en el tránsito curricular, lo que apunta a una fragmentación en el tratamiento de la dimensión ambiental en asignaturas posteriores, coincidiendo con lo declarado por Pineda (2023), que destaca que la misma requiere una planificación curricular explícita y sostenida, de lo contrario los estudiantes no logran establecer “puentes cognitivos” entre disciplinas.

De igual forma, Gozin & Hatami (2024), subrayan que la incorporación de la sostenibilidad en educación superior debe trascender la inclusión temática aislada y transformarse en eje articulador curricular. En este sentido, los resultados obtenidos muestran avances en la integración ambiental, aunque con áreas susceptibles de mejora en términos de aplicabilidad práctica. La disminución de la percepción en segundo año sugiere necesidad de coherencia curricular vertical. Este resultado constituye uno de los principales aportes del estudio, al evidenciar empíricamente una brecha formativa susceptible de intervención didáctica.

Un análisis desde la perspectiva pedagógica, revela una limitada transferencia cognitiva, lo cual es consistente con otras investigaciones realizadas que consideran que la enseñanza de las ciencias básicas en ingeniería suele mantenerse desvinculada de contextos profesionales reales, donde existe poca integración de temas ambientales y de objetivos del desarrollo sostenible a nivel de disciplinas y asignaturas, escaso diseño de actividades prácticas para vincularlos y baja interdisciplinariedad, apostando por la necesidad de articular contenidos científicos con problemáticas ambientales reales, más allá de menciones declarativas en planes de estudio para fortalecer competencias de sostenibilidad (Machín et al., 2017; Dahlin & Leifler, 2020; Gozin & Hatami 2024; Cantillo et al., 2024; Tapia & Gómez, 2025).

En conjunto, los resultados obtenidos justifican la pertinencia del modelo didáctico propuesto. La estrategia diseñada responde directamente a las brechas detectadas, al estructurar

explícitamente las conexiones entre contenidos químicos, procesos industriales y problemáticas ambientales, superando la fragmentación identificada en el diagnóstico inicial.

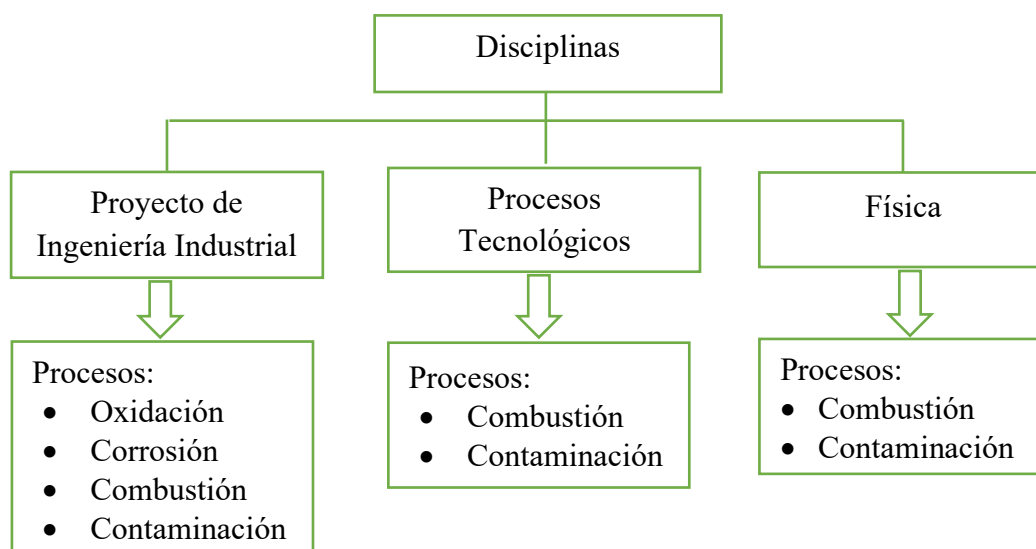
- Identificación de núcleos de integración disciplinar de la Ingeniería Industrial vinculados a la educación ambiental.

En la revisión realizada al documento normativo del Plan de Estudios de la carrera acerca de las orientaciones metodológicas generales y sistema de conocimientos por disciplina, se identificaron en el perfil del profesional puntos de contacto con la gestión de procesos y el medioambiente dentro del objeto de trabajo, los modos de actuación del ingeniero industrial y los objetivos generales de la carrera interconectados con varias disciplinas del currículo.

Se identificaron los procesos combustión, oxidación, contaminación y corrosión, ya que guardan relación con la educación ambiental y con la Química General y son abordados por otras disciplinas de la carrera y sus vínculos pueden observarse a través de la figura 2:

Figura 2.

Relación interdisciplinaria entre la Química General y otras disciplinas de la carrera de Ingeniería Industrial que incluyen temas afines el medioambiente.

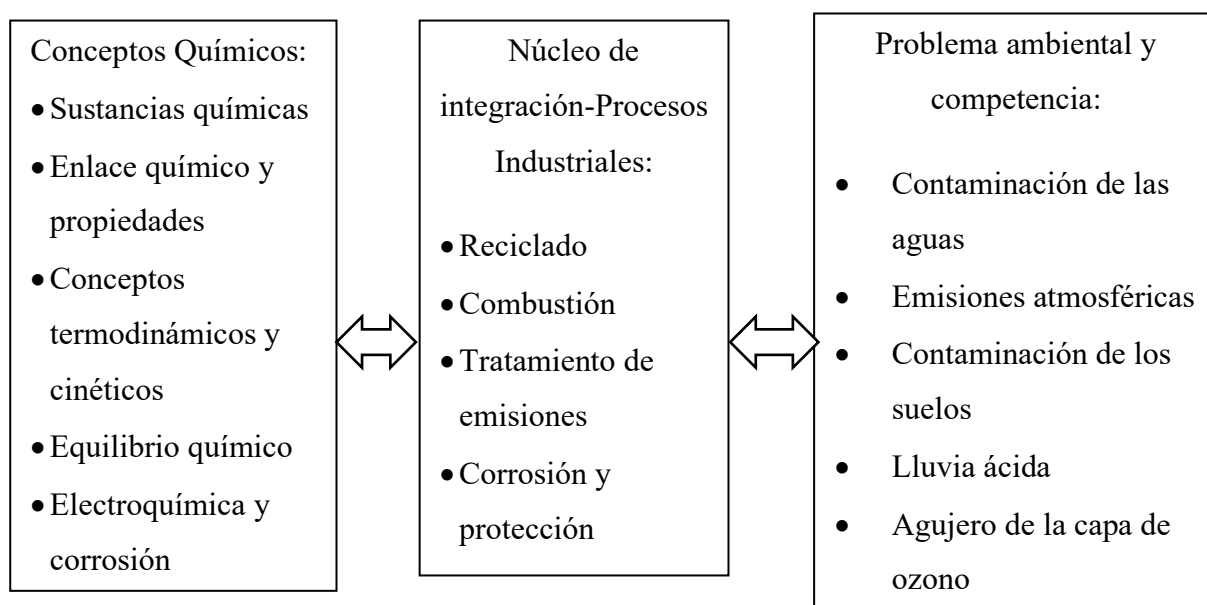


Nota: Figura conceptual que ilustra vínculos entre contenidos químicos y procesos industriales relevantes para la sostenibilidad.

Con estos procesos, que están caracterizados por su gran impacto en el medioambiente y las bases teóricas de la Química, se lograron determinar los conocimientos en los que se debe profundizar, para establecer y fortalecer los vínculos de la teoría con la práctica. Los principales conocimientos a tratar por procesos se muestran en la figura 3.

Figura 3.

Relación entre los conocimientos de la asignatura Química y procesos básicos de la Ingeniería Industrial.



Nota: Figura conceptual que muestra cómo conceptos químicos fundamentales impactan procesos industriales y problemáticas ambientales.

Esta propuesta articula el enfoque interdisciplinario al hacer visible para el estudiante cómo un concepto químico fundamental es determinante en un proceso industrial y tiene consecuencias directas en un problema ambiental. Con ella se promueve el desarrollo de competencias, habilidades y valores como señalan, Pineda (2023) y Santillán et al. (2020), invitando a una integración curricular explícita entre disciplinas y los contenidos ambientales, ya que el presente estudio evidenció que, aunque los estudiantes reconocen la presencia de contenidos ambientales, las diferencias en la valoración de su aplicabilidad práctica ponen de manifiesto la necesidad de fortalecer dicha articulación.

Sin embargo, Tarlochan et al. (2025), advierten que, su implementación suele quedarse en el plano declarativo si no se operacionaliza curricularmente. En este sentido, la presente investigación aporta una propuesta estructurada de articulación desde una disciplina básica como la Química General.

- Diseño del modelo didáctico de la disciplina para la formación del Ingeniero Industrial.

El diseño del modelo didáctico de la estrategia ambiental para la disciplina Química General se fundamenta en los principios del aprendizaje significativo, la interdisciplinariedad y el enfoque sistémico, integrados desde la concepción pedagógica del enfoque STEAM, siguiendo las pautas declaradas por: Santillán et al. (2020); Lema & Rivadeneira (2025); Li (2025) y Tarlochan et al. (2025). Dicho modelo se orienta a la formación de competencias profesionales y ambientales en el ingeniero industrial, mediante la articulación consciente entre los contenidos químicos, los procesos industriales y los problemas ambientales del contexto.

Fundamentos didácticos del modelo

El modelo didáctico propuesto se sustenta en los siguientes fundamentos:

- Didácticos: aprendizaje basado en problemas, estudios de caso, enseñanza contextualizada y evaluación auténtica.
- Psicopedagógicos: movilización cognitiva, transferencia de conocimientos y desarrollo del pensamiento crítico.
- Curriculares: integración de la estrategia ambiental y fortalecimiento de los nexos interdisciplinarios.
- STEAM: articulación de la Ciencia (Química), la Tecnología (procesos industriales), la Ingeniería (optimización y control), el Arte (visualización, comunicación científica) y la Matemática (modelación y análisis de datos).

Estructura del modelo didáctico

El modelo se estructura en cinco módulos temáticos integradores, cada uno organizado a partir de un problema ambiental relevante, que actúa como eje articulador del aprendizaje:

Módulo 1. Sustancias químicas, enlace químico y contaminación ambiental

- Problema ambiental: contaminación de aguas y suelos por vertimientos industriales.
- Contenidos químicos: tipos de sustancias, polaridad, solubilidad, enlaces químicos, tipos de materiales industriales.
- Procesos industriales asociados: manejo de residuos, tratamiento de efluentes.
- Actividad STEAM: análisis de un caso real de contaminación hídrica local y propuesta de soluciones tecnológicas sostenibles.

Módulo 2. Termodinámica química y procesos de combustión

- Problema ambiental: emisiones atmosféricas y efecto invernadero.
- Contenidos químicos: entalpía, energía de reacción, entropía, criterios de espontaneidad, eficiencia energética.
- Procesos industriales asociados: combustión en calderas y hornos industriales.
- Actividad STEAM: cálculo comparativo de emisiones y diseño de alternativas energéticas más limpias.

Módulo 3. Cinética química y control de la contaminación

- Problema ambiental: velocidad de formación de contaminantes atmosféricos.
- Contenidos químicos: ley de velocidad, factores que influyen en la velocidad de reacción, catalizadores.
- Procesos industriales asociados: control de reacciones en procesos productivos.
- Actividad STEAM: simulación del efecto de catalizadores en la reducción de contaminantes.

Módulo 4. Equilibrio químico y fenómenos ambientales

- Problema ambiental: lluvia ácida, emisiones atmosféricas, vertido en afluentes y alteración de ecosistemas.
- Contenidos químicos: equilibrio químico, tipos de electrolitos (fuertes solubles, débiles solubles, fuertes y poco solubles, débiles y poco solubles), factores que afectan la constante de equilibrio, ionización, hidrolisis, principio de Le Châtelier.
- Procesos industriales asociados: tratamiento de residuales, emisiones gaseosas y control de procesos.
- Actividad STEAM: estudio de caso sobre industrias emisoras y propuestas de mitigación.

Módulo 5. Electroquímica, corrosión y sostenibilidad industrial

- Problema ambiental: deterioro de infraestructuras y generación de residuos.
- Contenidos químicos: potencial de electrodo, reacciones redox, predicción de reacciones redox, corrosión, protección catódica.
- Procesos industriales asociados: mantenimiento industrial y gestión de materiales.
- Actividad STEAM: diseño de estrategias de protección anticorrosiva con enfoque ambiental.

Componentes de la estrategia didáctica

La estrategia integra los siguientes componentes:

- Objetivos formativos: desarrollo de competencias de sostenibilidad, pensamiento crítico y responsabilidad ambiental.
- Contenidos: seleccionados por su valor formativo, profesional y ambiental.
- Métodos: aprendizaje basado en problemas, estudios de caso, trabajo colaborativo e investigación formativa.

- Medios: TIC, simuladores de reacciones químicas, laboratorios virtuales con IA, chatbots IA generativa, recursos audiovisuales y literatura científica.
- Evaluación: seminarios, paneles, jornadas científicas, presentación de reseñas, evaluación auténtica mediante proyectos, informes técnicos y defensa de soluciones.

Rol de los actores

- Profesor: mediador, orientador y facilitador del aprendizaje interdisciplinario.
- Estudiante: sujeto activo que investiga, analiza, modela y propone soluciones a problemas ambientales reales.

Valor pedagógico del modelo

El modelo didáctico diseñado permite:

- Superar la enseñanza fragmentada de la Química General.
- Favorecer la transferencia de conocimientos a contextos profesionales.
- Fortalecer la educación ambiental desde una perspectiva STEAM.
- Contribuir a la formación integral del ingeniero industrial comprometido con la sostenibilidad.

En la tabla 3 se presenta a modo de resumen la estructura del modelo didáctico propuesto:

Tabla 3.*Estructura del modelo didáctico de la estrategia ambiental con enfoque STEAM*

Módulo	Problema	Contenidos	Proceso	Actividad	Competencia
	ambiental	químicos	industrial	STEAM	desarrollada
I	Contaminación de aguas y suelos	Sustancias químicas, enlace químico	Tratamiento de efluentes	Estudio de caso	Análisis ambiental
II	Emisiones atmosféricas	Termodinámica. química	Combustión industrial	Cálculo y comparación de emisiones	Pensamiento sistémico
III	Formación de sustancias nocivas	Cinética química	Control de procesos	Simulación y modelación	Toma de decisiones
IV	Lluvia ácida	Equilibrio químico	Gestión de emisiones	Resolución de problemas reales	Pensamiento crítico
V	Corrosión industrial	Electroquímica	Mantenimiento industrial	Diseño de soluciones sostenibles	Compromiso ambiental

Nota: Elaboración propia a partir de los datos de la investigación.

Validación de expertos

Los resultados alcanzados en la validación de los expertos se muestran en la tabla 4:

Tabla 4.*Valoración promedio de expertos*

Criterio	Media	Valoración cualitativa
Pertinencia	4.8	Excelente
Factibilidad	4.6	Muy alta
Rigor científico	4.7	Excelente

Nota: Elaboración propia a partir de los datos de la investigación.

La valoración promedio superior a 4.5 en los tres criterios indica un alto nivel de consenso respecto a la coherencia interna y aplicabilidad de la propuesta, ya que abarca todos los núcleos de conocimiento de la asignatura, demuestra la interconexión de los temas abordados dentro de la propia asignatura y las relaciones interdisciplinarias con otras disciplinas dentro de la carrera. Las observaciones cualitativas emitidas por los expertos se centraron en precisar la formulación de algunos objetivos competenciales, fortalecer la integración explícita de las TIC, ajustar indicadores de evaluación auténtica, las cuales fueron incorporados en la versión final del modelo.

Implicaciones pedagógicas y recomendaciones

La propuesta está encaminada a promover el fortalecimiento de la integración curricular de la sostenibilidad en la formación de ingenieros industriales, particularmente desde el enfoque STEAM, sugiriendo las siguientes modificaciones:

- Diseñar secuencias didácticas integradas que vinculen problemas ambientales reales con contenidos científicos fundamentales, y garanticen una articulación interdisciplinaria más explícita, que conecte asignaturas básicas, con espacios aplicados y proyectos profesionales.
- Promover espacios de formación docente orientados a la implementación de metodologías activas interdisciplinarias a través de la incorporación sistemática de proyectos,

estudios de caso y experiencias prácticas contextualizadas en coherencia con las tendencias internacionales en educación STEAM.

- Diseñar trayectorias curriculares escalonadas que aseguren coherencia vertical en la incorporación de contenidos ambientales, evitando que estos se concentren en asignaturas específicas sin continuidad formativa.

- Desde el punto de vista institucional: establecer mecanismos de coordinación curricular entre asignaturas, incorporar indicadores de sostenibilidad en los planes de estudio, evaluar periódicamente la percepción estudiantil como insumo para la mejora continua y fomentar proyectos integradores interdisciplinarios vinculados al entorno productivo y social.

La presente investigación aporta evidencia empírica que puede servir de base para el diseño de políticas académicas orientadas a fortalecer la formación integral del ingeniero desde una perspectiva sostenible e interdisciplinaria. No obstante, se recomienda ampliar futuras investigaciones incorporando diseños longitudinales y análisis multivariados que permitan profundizar en la relación entre integración curricular y desarrollo de competencias profesionales.

CONCLUSIONES

La investigación permitió diagnosticar insuficiencias en la integración explícita de la educación ambiental dentro de la disciplina Química General, evidenciando limitaciones en la transferencia y contextualización de los contenidos.

La estrategia didáctica diseñada, fundamentada en el enfoque STEAM, constituye una respuesta pedagógica estructurada a dichas insuficiencias, articulando de manera sistémica contenidos químicos, procesos industriales y problemáticas ambientales favoreciendo el desarrollo de competencias de sostenibilidad.

La validación por expertos confirmó su pertinencia, coherencia científica y factibilidad de aplicación. No obstante, se requiere evaluar empíricamente su impacto mediante estudios de implementación e intervención educativa que permitan medir efectos en el aprendizaje y en el desarrollo de competencias de sostenibilidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, Y., Vázquez, S., & López, E. J. (2018). Estrategia curricular de formación ambiental para la carrera de Ingeniería Mecánica. *Universidad y Sociedad*, 10(4), 199-205. ISSN: 2218-3620.
- Ambe, B. A., & Agbor, C. E. (2014). Assessment of Teacher's Professional Competence, Teacher's Teaching Experience on the Implementation of Environmental Education Curriculum in Cross River State, Nigeria. *Journal of Educational and Social Research*, 4(6), 521-529. ISSN 2239-978X. <https://doi.org/10.5901/jesr.2014.v4n6p521>.
- Cantillo, J. C., Pacheco, M. C., & Torres, J. M. (2024). Desarrollo sostenible en la Educación universitaria: retos y oportunidades. *Revista Interdisciplinaria de Educación Salud Actividad Física y Deporte*, 1(3), 79-92. <https://doi.org/10.70262/riesafd.v1i3.2024.27>.
- Cresp, M., Machuca, C., Delgado, P., & Hernández, C. (2024). Diseño y validación de un instrumento: valoración de la satisfacción de la práctica profesional en estudiantes de Pedagogía en Educación Física. *Estudios Pedagógicos* L, 3, 103-117. <https://doi.org/10.4067/S0718-07052024000300103>.
- Dahlin, J. E., & Leifler, O. (2020). Curriculum integration of sustainability in engineering education – a national study of programme director perspectives. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 21 (5), 877–894. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-09-2019-0286>.

- Fabila, A. M., Minami H., & Izquierdo, M. J. (2013). La escala de Likert en la evaluación docente: acercamiento a sus características y principios metodológicos. *Textos y Contextos*.
- https://www.researchgate.net/publication/275962852_La_escala_de_Likert_en_la_evaluacion_docente_acercamiento_a_sus_caracteristicas_y_principios_metodologicos/citation/download.
- Figueredo, N., García, L., & Pérez, R. W. (2018). La enseñanza-aprendizaje de la Química General universitaria con el uso de tareas docentes profesionalizadas. *Maestro y sociedad*, 15(4), 603- 617. ISSN 1815-4867.
- Guamán, V. J., & Espinoza, E. E. (2022). Enseñanza para el desarrollo sostenible y la escuela. *Maestro y Sociedad*, 19(3), 1384-1396. ISSN 1815-4867.
- González, A. (2025). *ABET Strengthens Global Commitment to Sustainability through Engagement with WFEO*. <https://www-abet-org.translate.goog/abet-strengthens-global-commitment-to-sustainability-through-engagement-with-wfeo>.
- Gozin, F., & Hatami, J. (2024). Integrating sustainability in higher education curriculum: Big Ideas for Change (A Review Article). *The International Journal of Learning Space Studies (IJLSS)*, 2(2), 32-51. <https://doi.org/10.22034/lss.2023.419813.1012>.
- Legnani, W. (2008). La enseñanza de las ciencias y la formación del ingeniero. *Revista Proyecciones*, 6(2). 11-16. ISSN 2618-5474.
- Lema, A., & Rivadeneira, J. (2025). La implementación del enfoque STEAM como herramienta para fomentar la creatividad y la innovación en la educación. *Revista de Investigación Educativa Niveles*, 2(2), 48-63. <https://doi.org/10.61347/rien.v2i2.78>.
- Li, J. (2024). Effective Strategies for Interdisciplinary Integration in STEAM Curriculum Design. *Transactions on Social Science, Education and Humanities*

- Research*. Volume 85th International Conference on Education, Sport and Psychological Studies (ESPS 2024). e-ISSN: 2960-2262. <https://doi.org/10.62051/gvesha87>.
- Machín, F. O., Céspedes, S. G., Riverón, A. N., & Fernández, E. (2017). Sostenibilidad, ingeniería y enseñanza de las ciencias básicas. Marco teórico conceptual. *Revista Iberoamericana de Educación*, 73, 179-202 - OEI/CAEU. <https://doi.org/10.35362/rie730298>.
- Ministerio de Educación Superior. (2018). Plan de Estudios E para la carrera de Ingeniería Industrial.
- Morales, I. C., Ferro, A., & Bárcenas, S. L. (2021). Propuesta metodológica para la educación ambiental en la enseñanza de la Química. *Maestro y Sociedad*, 18(1), 177-187 de 2021. ISSN: 1815-4867.
- Pineda, D. Y. (2023). Enfoque STEAM: Retos y oportunidades para los docentes. *Revista Internacional de Pedagogía e Innovación Educativa*, 3(1). ISSN: 2745-0341. <https://doi.org/10.51660/ripie.v3i1.115>.
- Salgado, R.E., & Céspedes, F. J. (2017). Implementación de Estrategias Curriculares en la Formación del Profesional en Ciencias Pedagógicas. *ROCA. Revista científico - educacional de la provincia Granma*, 13(4), ISSN: 2074-0735. RNPS: 2090.
- Sánchez, J. R., & Torres, J. M. (2022). Validación de escala para medir conocimientos pedagógicos del mentor de enfermería en conducción de prácticas. *Index de Enfermería*, 31(3), 204-208. ISSN: 1699-5988.
- Santillán, J. P., Jaramillo E. M., Santos, R. D., & Cadena, V. C. (2020). STEAM como metodología activa de aprendizaje en la educación superior. *Polo del Conocimiento*, 48 (5), 467-492. ISSN: 2550 - 682X. <https://doi.org/10.23857/pc.v5i8.1599>.

- Tapia, C. E., & Gómez, J. W. (2025). Implementación de la metodología STEM en la educación superior: Retos y oportunidades. *KIRIA: Revista Científica Multidisciplinaria*, 3(6), 49-66. <https://doi.org/10.53877/q43yqy55>.
- Tarlochan. F., Alduais. A., Chaaban. Y., & Du X. (2025). Integrating sustainability into STEM education and career development: a scientometric and narrative review. *IJ STEM Ed*, 12, 62. <https://doi.org/10.1186/s40594-025-00582-y>.
- UNESCO (2017). *Educación para los Objetivos de Desarrollo Sostenible: objetivos de aprendizaje*. ISBN: 978-92-3-300070-4. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000252423>.
- Valiente, J. F., & Turro, A. (2024). Gestión ambiental del Ministerio de Educación Superior de Cuba y Tarea Vida en el 2023: Impacto en la ética ambiental y economía circular. *Ciencias Holguín*, 30(2), 59-69. ISSN: 1027-2127.
- Vera, E., Mendoza, J. E. & Díaz, R. M., (2022). Estrategia interdisciplinaria en la formación del Técnico Medio en Construcción Civil. *Maestro y Sociedad*, 19 (1), 160-174. ISSN: 1815-4867.