

Evaluación integradora en la Disciplina Química en la formación profesional del ingeniero en Metalurgia y Materiales

Integrative evaluation in the Chemical Discipline in the professional training of the engineer in Metallurgy and Materials

Miguel Garrido Rodríguez¹, Mercedes Eulalia Sosa Martínez², Dianely Pimentel Garriga³

^{1,3} Universidad Tecnológica de la Habana José Antonio Echeverría, CUJAE

¹Correo electrónico: magarrido@icb.cujae.edu.cu

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-7174-9452>

²Universidad de Moa. Antonio Núñez Jiménez

Correo electrónico: msosa@ismm.edu.cu

ORCID <https://orcid.org/0009-0002-2947-3488>

³Correo electrónico: dianelys@icb.cujae.edu.cu

ORCID <https://orcid.org/0009-0005-1566-3311>

Recibido: 8 de octubre de 2024

Aceptado: 29 de noviembre de 2024

Resumen

La Disciplina Química en la carrera de Ingeniería en Metalurgia y Materiales permite la integración con el currículo propio, por tanto, el perfeccionamiento del sistema de evaluación de las asignaturas que la forman es un elemento clave en el perfeccionamiento del proceso docente, acorde al objeto de estudio y su modo de actuación. El análisis del sistema de evaluación aplicado mostró insuficiencias en la integralidad de los sistemas de conocimientos y habilidades, el vínculo con los problemas profesionales, el desarrollo del pensamiento lógico y de competencias en la solución de los problemas profesionales. El objetivo del artículo es proponer una evaluación integradora en la Disciplina Química en la carrera de Ingeniería en Metalurgia y Materiales que se desarrollan en la Universidad Tecnológica de la Habana "José Antonio Echeverría" y la Universidad "Antonio Núñez Jiménez" en Moa, Cuba, que garantice la aplicación del sistema de conocimientos precedente y el cumplimiento del objetivo del año.

Palabras clave: evaluación, carrera, objetivo, conocimientos y habilidades.

Abstract

The Chemical Discipline in the Metallurgy and Materials Engineering degree allows integration with the proper curriculum; therefore, the improvement of the evaluation system of the subjects that form it is a key element in the improvement of the teaching process, according to the object of study and its mode of action.

The analysis of the applied system showed deficiencies in the integrality of the knowledge and skills systems, the link with professional problems, the development of logical thinking and skills in the solution of professional problems.

The objective of the work is to propose a comprehensive evaluation in the Chemical Discipline that guarantees the precedence of the knowledge system and the fulfillment of the objective of the year.

Keywords: evaluation, degree, objective, knowledge and skills.

Licencia Creative Commons



Introducción

La actividad de los ingenieros metalúrgicos en sus esferas de actuación se caracteriza por una alta complejidad, donde es indispensable la visión integral de las transformaciones físicoquímicas, por ello, la formación de los ingenieros debe fundamentarse en la integración de los sistemas de conocimientos y habilidades del Plan de estudio E de la carrera en Cuba [1].

El análisis del proceso de enseñanza-aprendizaje (en adelante PEA) de la Disciplina Química de la carrera de Ingeniería en Metalurgia y de Materiales en el Departamento de Química Básica en la Universidad Tecnológica de la Habana y el Departamento de Metalurgia Química en la Universidad "Antonio Núñez Jiménez" de Moa, muestra insuficiencias en la integralidad de los sistemas de conocimientos y habilidades, el vínculo con los problemas profesionales, el desarrollo del pensamiento lógico y de competencias en la solución de los problemas profesionales. Por ello, la necesidad de proponer cambios que contribuyan a elevar la preparación científica y metodológica.

Para organizar la investigación se estructuró en tres etapas esenciales, en la etapa inicial se analiza el objetivo general de la carrera aprobado en el Plan de estudio de la carrera que se desarrolla en Cuba, del primer y segundo año, el sistema de conocimientos básicos y las habilidades. En la segunda etapa se analiza el sistema de evaluación aplicado actualmente y en la fase final se proponen cambios que permitan comprobar la apropiación de los conocimientos, las habilidades en la solución de problemas profesionales acorde a las esferas de actuación.

Estas etapas permitieron definir con claridad que el objetivo del artículo es proponer una evaluación integradora en la Disciplina Química en la carrera de Ingeniería en Metalurgia y Materiales que se desarrollan en la Universidad Tecnológica de la Habana "José Antonio Echeverría" y la Universidad "Antonio Núñez Jiménez" en Moa, Cuba, que garantice la aplicación del sistema de conocimientos precedente y el cumplimiento del objetivo del año.

Desarrollo

El sistema de evaluación en la Educación Superior constituye un elemento esencial en el PEA, lo que se indica en el reglamento docente y metodológico de la Educación Superior Cubana [2]

La evaluación integradora ha sido objeto de estudio en diversas investigaciones en las que se concluye que permite la articulación de los conocimientos y habilidades centradas en el cumplimiento de los objetivos, y los problemas profesionales logrando la independencia cognoscitiva y de las competencias profesionales [3], [4].

En la investigación se aplicaron los métodos: histórico lógico, análisis y síntesis, inducción deducción y el método empírico, que nos permitió identificar las particularidades, principios, funciones de las evaluaciones considerando el sistema de conocimientos y habilidades indicados en los programas analíticos tomando como rector los objetivos de la disciplina, su interrelación con los objetivos del año.

Las tecnologías de obtención de concentrados minerales, metales, fundición de piezas y de aceros, es vital en el desarrollo económico y social de todos los países. En estas esferas de actuación del ingeniero metalúrgico y materiales, la integración del sistema de conocimientos y habilidades en la formación básica es un elemento esencial al contribuir a la adquisición de competencias profesionales.

En el plan de estudio E de la carrera de Ingeniería en Metalurgia y Materiales se establece como objetivo, seleccionar equipos, procesos y tecnologías apoyados en la gestión del conocimiento, el estudio de mercado de materiales y la evaluación técnico-económica y medioambiental de las propuestas teniendo en cuenta las normas cubanas e internacionales, la seguridad ocupacional e industrial y el empleo de software. Este objetivo general se alcanza gradualmente en el PEA en cada año de la carrera [1].

La disciplina Química se desarrolla en el primer y segundo año de la carrera cuyos objetivos son:

Primer año: describir los procesos y tecnologías de la metalurgia y los materiales con protección del medio ambiente y eficiencia energética, el uso de las leyes de la estequiometría y aplicación de los principios metodológicos para formular soluciones de problemas profesionales de baja complejidad.

Segundo año: ejecutar tareas en la evaluación, operación en algunas de las opciones tecnológicas mediante la aplicación de los conocimientos sobre las estructuras y las propiedades de materiales metálicos y no metálicos, con el empleo de herramientas científico-metodológicas que permitan su solución integral, siguiendo los principios de la sostenibilidad y racionalidad económica.

Para alcanzar estos objetivos es indispensable el trabajo metodológico interdisciplinario y la vinculación de las disciplinas del currículo base con el objeto de trabajo del ingeniero metalúrgico y materiales, o sea la profesionalización en el PEA [5], [6].

Este criterio básico implica la identificación de las disciplinas, asignaturas del año, sus objetivos, los sistemas de conocimientos y habilidades [7].

En la figura 1 se indican las disciplinas relacionadas con el objetivo indicado en el plan de estudio, clasificadas dentro del currículo base la Matemática, la Física y la Química y en el currículo propio la Ciencia e Ingeniería de los Materiales, la Mecánica, las Tecnologías de las producciones metalúrgicas, y los Procesos y operaciones unitarias.

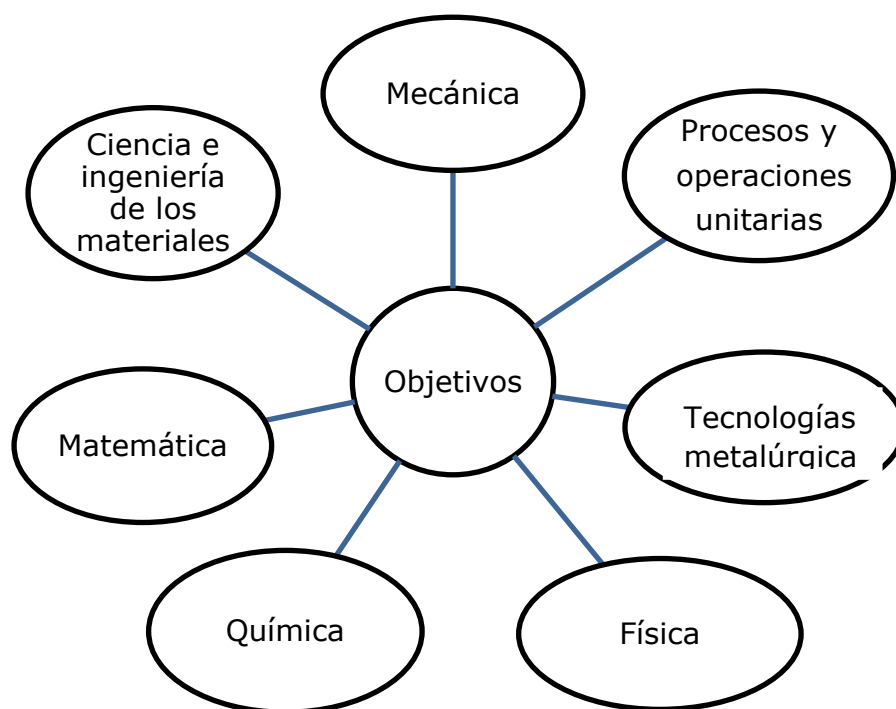


Figura 1. Disciplinas en el segundo año de la carrera. Elaboración propia.

La disciplina química consta de varias asignaturas distribuidas en el primer y segundo años de la carrera de Metalurgia y Materiales, que constituyen el eslabón esencial con las disciplinas del currículo propio, o sea en la formación básica de los estudiantes, como se indica en la figura 2. Por ello, elaborar la propuesta de la evaluación integradora acorde con los objetivos de año, el modo de actuación del ingeniero, el sistema de conocimiento y habilidades constituye el aporte científico metodológico de este trabajo.

Objetivos de la carrera.

El análisis del plan de estudio permitió identificar como objetivo general de la carrera: solucionar problemas generales y frecuentes de la rama metalúrgica, su interrelación con el medio, su impacto socioeconómico y ecológico.

De igual modo como habilidades: la gestión, análisis y síntesis de la información, aplicar las técnicas de computación, familiarizarse con las normas de redacción y la estructuración de informes técnicos.

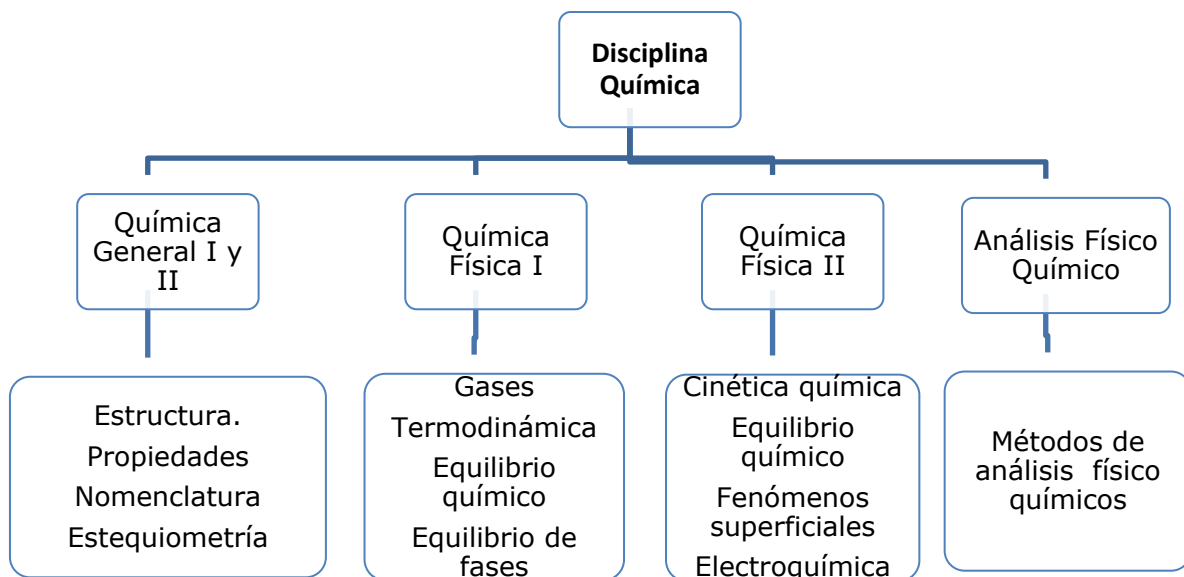


Figura 2. Disciplina química. Elaboración propia.

En general el sistema de conocimiento puede resumirse del modo siguiente:

Asignaturas: Química I y II: Nomenclatura. Estructura y propiedades. Propiedades químicas de elementos y sus compuestos. Estequiometría. Protección del medio ambiente y el hombre.

Asignaturas: Química Física I y II. Termodinámica de las transformaciones físico químicas: métodos para obtener los modelos matemáticos que caracterizan las variables termodinámicas en los procesos físicos y químicos como el calor de reacción, el potencial isobaro isotérmico y la constante de equilibrio del proceso en función de la temperatura. Representación gráfica de los modelos matemáticos. Analizar la influencia de los parámetros tecnológicos temperatura, presión o concentración en la eficiencia del proceso.

Evaluación integradora en la Disciplina Química en la formación profesional del ingeniero en Metalurgia y Materiales

Equilibrio de fases: Diagramas de sistemas en dependencia de los componentes y fases en equilibrio, indicar las zonas de estabilidad de las fases, caracterizar las transformaciones de fases en procesos de enfriamiento o calentamiento, aplicar los modelos para calcular el calor asociado a los cambios de fases y construir los diagramas de temperatura contra tiempo. Aplicar el balance de materiales para calcular las masas de las fases en equilibrio o su composición química.

Cinética de las reacciones químicas: Métodos gráficos o analíticos de estudio cinético para las reacciones químicas, analizar la influencia de los factores que afectan la velocidad de las reacciones, representar gráficamente las ecuaciones de velocidad de reacción y proponer vías para incrementar la cinética de las reacciones.

Fenómenos Superficiales: Isotermas y los modelos cinéticos que caracterizan los procesos superficiales en los procesos metalúrgicos, el uso de la adsorción como método para el tratamiento los gases y metales disueltos en residuales industriales producto de las reacciones químicas.

Electroquímica: Reacciones redox en los procesos metalúrgicos, representar los modelos matemáticos, analizar la influencia de factores en el desarrollo de los procesos redox de recuperación de metales, electrólisis, refinación electroquímica.

Análisis Físico Químico: Métodos de análisis físico químicos para caracterizar las materias primas, productos intermedios y productos finales. Identificar sustancias nocivas al medio ambiente y la seguridad del trabajo. Proponer métodos para mitigar la contaminación ambiental.

Sistema de habilidades

El sistema de habilidades que se deben lograr en el PEA en la formación del ingeniero se enmarcan en:

- aplicar el cálculo diferencial e integral,
- graficar los modelos matemáticos que indican interrelación entre variables,
- aplicar las técnicas de informatización y computación,
- aplicar el sistema internacional de unidades,
- revisión de información científica,
- resumir información científica,
- analizar representaciones gráficas,

Análisis del sistema de evaluación

En la actualidad es conocida la interrelación entre los objetivos a alcanzar con los sistemas de conocimientos y habilidades con el sistema de evaluación diseñado en cada asignatura, frecuente, parcial y final.

En el plan de estudio de la carrera se precisa que las asignaturas de la disciplina Química se evalúan mediante exámenes finales escritos acorde con los temas estudiados. Estas evaluaciones en general se caracterizan por:

- abarcar el sistema de conocimientos de las asignaturas y comprobar las habilidades previstas en los programas analíticos.

Sin embargo, estas evaluaciones adolecen de insuficiencias en los aspectos esenciales siguientes:

- integralidad de los sistemas de conocimientos y habilidades,
- vinculación con los problemas profesionales,
- uso de la metodología científica de investigación,
- desarrollo del trabajo independiente,
- pensamiento lógico y competencias en la solución de los problemas,
- utilización de las tecnologías de informatización científica,

Estos elementos permiten concluir que el sistema aplicado no favorece el desarrollo del pensamiento lógico, la creatividad y las habilidades, por tanto, constituye una situación problemática en la formación profesional que no contribuye al modo de actuación del ingeniero [8], [9].

Para alcanzar el objetivo y habilidades indicadas se requiere de un sistema que considere la evaluación integral como elemento esencial en el PEA [10]. Esta evaluación integral permite la interrelación entre conocimiento-habilidad-competencias, elementos esenciales en la formación del profesional en la carrera de Ingeniería en Metalurgia y Materiales.

Propuesta de evaluación integradora en el segundo año de la carrera de Metalurgia y Materiales

En otras investigaciones [9], [10] se precisa que el trabajo metodológico en diferentes asignaturas y disciplina, debe estar basado en los objetivos, contenidos y métodos de enseñanza. Esto permite estructurar trabajos integradores para el cierre de las asignaturas y disciplinas que contribuyan al desarrollo del pensamiento lógico y la creatividad.

Evaluación integradora en la Disciplina Química en la formación profesional del ingeniero en Metalurgia y Materiales

Esta evaluación debe estructurarse aplicando la metodología de investigación a partir de una situación problémica, el problema científico, el objetivo, la hipótesis, las tareas a desarrollar y las conclusiones.

La evaluación integradora se fundamenta en las transformaciones físico químicas que ocurren en los procesos metalúrgicos y materiales, en las que se debe:

- caracterizar el proceso metalúrgico,
- identificar las materias primas, productos intermedios y finales,
- seleccionar proceso tecnológico para obtener el producto deseado,
- analizar la influencia de las variables tecnológicas en la eficiencia,
- evaluar la protección del medio ambiente,
- seleccionar los métodos físico químicos de caracterización de materiales,
- aplicar las leyes generales de la contabilidad metalúrgica (balance de materiales) y energética (balance de energía).
- aplicar el Sistema Internacional de Unidades,
- utilizar las técnicas de información y comunicación,
- utilizar la bibliografía actualizada en la búsqueda de información científica.

En la industria metalúrgica ocupa un sitio especial la obtención de metales o sus compuestos a partir de distintas materias primas minerales o materiales reciclados utilizando varias tecnologías que incluyen procesos pirometalúrgicos e hidrometalúrgicos. Esta característica indica la necesidad proponer cambios en la evaluación.

Estructura de la evaluación integradora

Para perfeccionar el sistema de evaluación se propone integrar las evaluaciones de las asignaturas Química Física I y II, y el Análisis Físico Químico que se imparten en el segundo año de la carrera con el objetivo general:

- Caracterizar las transformaciones físico químicas en los procesos metalúrgicos.

Entre los procesos metalúrgicos pueden ser analizados los siguientes:

Procesos pirometalúrgicos:

- disociación de compuestos,
- tostación reductora, oxidante y clorurante,
- fusión,
- metalotermia.

Procesos hidrometalúrgicos:

- lixiviación básica y ácida de óxidos,
- lixiviación básica y ácida de sulfuros,
- precipitación de sustancias poco solubles.

Procesos redox.

- reacciones de oxidación reducción,
- electrólisis,
- refinación electrolítica

Para alcanzar este objetivo deben realizarse las tareas siguientes:

- 1- Seleccionar el proceso metalúrgico para la obtención de los productos.
- 2- Identificar las reacciones químicas en cada etapa del proceso.
- 3- Evaluar la eficiencia del proceso metalúrgico.

La evaluación integradora abarca procesos pirometalúrgicos e hidrometalúrgicos y consta de un informe estructurado con los elementos siguientes:

I. Introducción.

- a- Características generales del proceso metalúrgico.
- b- De los elementos químicos que participan en el proceso indicar:
 - 1- Aplicar la nomenclatura química.
 - 2- Ubicación en la tabla periódica y distribución electrónica.
 - 3- Propiedades químicas de los elementos que participan en la reacción.
 - 4- Representar la transformación mediante la reacción química.
 - 5- Aplicar las leyes de la estequiometría.

II. Desarrollo

1. Leyes Termodinámicas.

- a- Tabular los datos termodinámicos.
- b- Determinar la ecuación de dependencia del calor de reacción con la temperatura.
- c- Graficar la dependencia del calor de creación con la temperatura.

2. Derivaciones de las leyes termodinámicas.

- a- Determinar la ecuación que expresa la dependencia del Potencial Isobaro Isotérmico con la temperatura.
- c- Graficar la dependencia del Potencial Isobaro Isotérmico con la temperatura para los métodos aplicados.

3. Equilibrio químico

- a- Escribir la constante de equilibrio.
- b- Graficar la dependencia de la constante de equilibrio con la temperatura.
- c- Analizar la influencia de la temperatura, presión y concentración en el desarrollo del proceso metalúrgico.
- d- Proponer medidas para incrementar la eficiencia metalúrgica de los procesos.

4. Equilibrio de fases.

- a- Construir el diagrama de estabilidad de las fases del sistema.

5. Análisis físico químico.

- Proponer los métodos analíticos para caracterizar materias primas y los productos finales del proceso metalúrgico.

6. Cinética del proceso transformación química.

- Seleccionar el modelo cinético que caracteriza el proceso.
- Indicar las etapas del mecanismo de reacción
- Deducir la ecuación de velocidad de la reacción.

7. Balance de materiales.

- Realizar el balance de materiales del proceso metalúrgico, base para el análisis de la eficiencia.

8. Balance energético.

- Realizar el balance energético del proceso.

9. Elaborar diagrama de flujo del proceso metalúrgico.

Indicar las etapas principales del proceso metalúrgico.

10. Medidas de protección e higiene del trabajo y el medio ambiente.

Estas deben proponer medidas a partir de las normas aprobadas en cada caso.

11. Análisis económico del proceso.

Basado en el costo de materias primas, reactivos y el precio de los productos del proceso.

III. Conclusiones.

Deben estar en correspondencia con los objetivos planteados, destacar los resultados principales obtenidos en el proceso metalúrgico seleccionado.

IV. Bibliografía.

Indicar la bibliografía utilizada cumpliendo las normas indicadas.

V. Anexos.

Solo en casos necesarios para tablas o figuras.

Evaluación general

La evaluación final de esta tarea integradora se realizará mediante la entrega de un informe final y la defensa ante un tribunal formado por los profesores de las asignaturas de la disciplina.

La evaluación integradora basado en los sistemas de conocimientos y habilidades utilizados en la caracterización de los procesos: contribuir a la motivación de los estudiantes, la generalización, el desarrollo del pensamiento lógico y la interdisciplinariedad, siendo el objetivo, el elemento rector al estructurar el sistema de evaluación vinculado al modo de actuación del profesional. En general permitirá una mejor interrelación entre los invariantes del conocimiento que deben ser aplicados en la caracterización de las transformaciones. Figura 3.

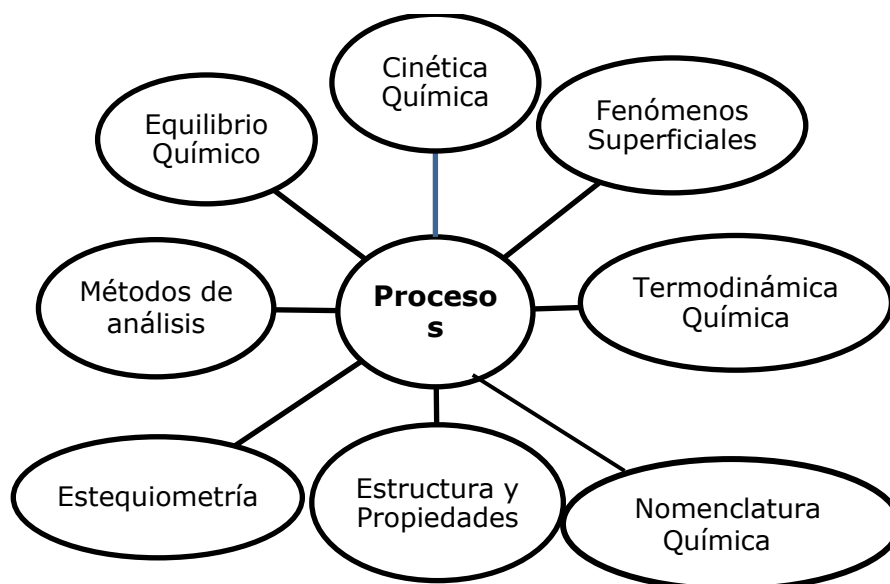


Figura 3. Interrelación de invariantes del conocimiento. Elaboración propia.

Esta propuesta ha sido analizada en los colectivos de la Disciplina Química en ambas universidades para su aplicación. Se presentó en el IV Taller del Instituto de Ciencias Básicas de la Universidad Tecnológica de La Habana.

Conclusiones

La evaluación actual aplicada en la disciplina química permite comprobar los objetivos generales de las asignaturas, pero no evaluar su capacidad para integrarlos, sistematizarlos y generalizarlos.

Evaluación integradora en la Disciplina Química en la formación profesional del ingeniero en Metalurgia y Materiales

La aplicación de una evaluación integradora de la disciplina permitirá evaluar objetivos generales de varias de las asignaturas, y con ello disminuir los exámenes por periodos lectivos.

La evaluación integradora permite caracterizar las transformaciones físico químicas en los procesos metalúrgicos, proponer métodos de análisis físico químicos en el estudio de las sustancias que toman parte en los procesos y en la evaluación de la eficiencia metalúrgica.

La evaluación integradora garantiza la interrelación entre los sistemas de conocimiento, habilidades y las competencias profesionales en las esferas de actuación del ingeniero metalúrgico y materiales.

Referencias bibliográficas

1. Plan de Estudio E. Ministerio de Educación Superior. 2018. Comisión Nacional de la Carrera de Ingeniería en Metalurgia y Materiales. Modelo del profesional. Cuba.
2. Ministerio de Educación Superior. Resolución No 47: Reglamento del trabajo docente-metodológico. La Habana: Ministerio de Educación Superior; 2022. Cuba.
3. Jiménez Y. ¿Cómo desarrollar competencias de creatividad e innovación en la educación superior? Caso: carreras de ingeniería del Instituto Politécnico Nacional. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo. 2019; 9(18): 356-376.
4. Muñoz RF, Hermosilla P, Delgadillo J, Echeverría D. Propuesta de construcción de competencias de innovación en la formación de ingenieros en el contexto de la industria 4.0 y los objetivos de desarrollo sostenible (ODS). Formación universitaria. 2021; 14(2): 75-84.
5. Pimentel D. Tesis en opción al título académico en Máster en procesos formativos y desarrollo profesional. Química aplicada: Material de consulta para profesionalizar la asignatura en la carrera de Ingeniería Civil en la Universidad Tecnológica de la Habana. 2018. Universidad de Ciencias Pedagógicas Enrique José Varona. La Habana. Cuba
6. Garrido M, Sosa M. Pimentel D. Profesionalización de la enseñanza de la Química Física en la carrera de Ingeniería en Metalurgia y Materiales. 2024; 2(1): 168-182.
7. Flores JM. de la Rúa M. Ciclo Básico de formación aprovechando las potencialidades de un Instituto de Ciencias Básicas. Referencia Pedagógica. 2024; 12(1).
8. Marino A, Garrido M, Díaz J. Necesidad de valorizar el desarrollo del pensamiento lógico en la enseñanza de la ingeniería. Revista Referencia Pedagógica. 2021; 9(1): 3-14.

9. Travieso VD, Hernández DA. El desarrollo del pensamiento lógico a través del proceso enseñanza-aprendizaje. Revista Cubana de Educación Superior. 2017; 36: pp 53-68.
10. Zambrano N. El desarrollo de la creatividad en estudiantes universitarios. Conrado. 2019; 15(67).

Contribución de autoría.

Los autores han colaborado en partes iguales, en todas las etapas del artículo.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses. Declaramos que estamos de total acuerdo con lo escrito en este informe y aprobamos la versión final.

Autores

Miguel Garrido Rodríguez. Doctor en Ciencias Técnicas. Departamento de Química Básica/Instituto de Ciencias Básicas Universidad Tecnológica de la Habana José Antonio Echeverría, CUJAE, La Habana. Cuba.

Mercedes Eulalia Sosa Martínez. Doctora en Ciencias Técnicas. Departamento de Metalurgia Química: Doctora en Ciencias Técnicas; Profesora Auxiliar Universidad de Moa. Antonio Núñez Jiménez, Holguín, Cuba.

Dianely Pimentel Garriga. Master en Ciencias Pedagógicas. Departamento de Química Básica/ Instituto de Ciencias Básicas. Universidad Tecnológica de la Habana. José Antonio Echeverría, CUJAE, La Habana. Cuba

