

<https://doi.org/10.23913/ride.v15i30.2448>

Artículos científicos

Adecuación curricular para el aprendizaje de Relatividad en bachillerato del IPN

Curricular adaptation for the learning of Relativity at the IPN high school

***Adaptação curricular para a aprendizagem da Relatividade no ensino médio
no IPN***

Guillermina Ávila García

Instituto Politécnico Nacional, Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No. 11,
México

gavilag@ipn.mx

<https://orcid.org/0000-0001-5229-3384>

María de la Luz Huerta Ramírez

Instituto Politécnico Nacional, Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No. 11,
México

maluhuertar@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-8636-6983>

Resumen

Este trabajo presenta los resultados de una adecuación curricular en el programa de estudios de Física IV en el nivel bachillerato del Instituto Politécnico Nacional (IPN), enfocada en el aprendizaje de la teoría de la Relatividad.

La investigación se llevó a cabo con estudiantes del área físico-matemáticas del Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No. 11 (CECyT 11), con el objetivo de analizar el impacto de la adecuación curricular en el aprendizaje de la relatividad con estudiantes de bachillerato del IPN, con énfasis en la influencia de un foro de discusión virtual como estrategia didáctica para el desarrollo del pensamiento crítico, a partir del marco teórico de los niveles cognitivos de Marzano y Kendall.

La metodología utilizada sigue un enfoque cualitativo, en el que el foro de discusión se implementa como una estrategia de aprendizaje dentro de la secuencia didáctica. A través de



este espacio de conversación, se evalúa la interacción de los estudiantes, la profundidad de sus respuestas y su progresión cognitiva, enmarcada en los niveles de pensamiento crítico de Marzano y Kendall.

Los resultados obtenidos muestran que los instrumentos de evaluación aplicados permiten medir la evolución del aprendizaje, así como el impacto del docente en la creación de un ambiente de aprendizaje virtual que favorece el desarrollo del pensamiento crítico y la comprensión de la relatividad.

Palabras Clave: aprendizaje significativo, currículo escolar, adecuación curricular, secuencia didáctica, niveles de pensamiento crítico.

Abstract

This paper presents the results of a curricular adaptation of the Physics IV program at the high school level of the National Polytechnic Institute (IPN), focused on the learning of the theory of relativity.

The research was conducted with students from the physics and mathematics department at the Center for Scientific and Technological Studies No. 11 (CECyT 11). The objective was to analyze the impact of the curricular adaptation on the learning of relativity among high school students at the IPN. The emphasis was on the influence of a virtual discussion forum as a teaching strategy for the development of critical thinking, based on the theoretical framework of Marzano and Kendall's cognitive levels.

The methodology used follows a qualitative approach, in which the discussion forum is implemented as a learning strategy within the teaching sequence. Through this conversation space, students' interaction, the depth of their responses, and their cognitive progression are assessed, framed within Marzano and Kendall's critical thinking levels.

The results show that assessment instruments measure learning progress, as well as the teacher's impact on creating a virtual learning environment that fosters the development of critical thinking and an understanding of relativity.

Keywords: deep learning, school curriculum, curricular adaptation, teaching sequence, levels of critical thinking.

Resumo

Este trabalho apresenta os resultados de uma adaptação curricular no programa de estudos de Física IV do ensino médio do Instituto Politécnico Nacional (IPN), focada na aprendizagem da teoria da relatividade.

A pesquisa foi realizada com alunos da área de física-matemática do Centro de Estudos Científicos e Tecnológicos nº 11 (CECyT 11), com o objetivo de analisar o impacto da adaptação curricular na aprendizagem da relatividade com alunos do ensino médio do IPN, com ênfase na influência de um fórum virtual de discussão como estratégia didática para o desenvolvimento do pensamento crítico, com base no referencial teórico dos níveis cognitivos de Marzano e Kendall.

A metodologia utilizada segue uma abordagem qualitativa, na qual o fórum de discussão é implementado como estratégia de aprendizagem dentro da sequência de ensino. Por meio desse espaço de conversa, a interação dos alunos, a profundidade de suas respostas e sua progressão cognitiva são avaliadas, enquadradas nos níveis de pensamento crítico de Marzano e Kendall.

Os resultados mostram que os instrumentos de avaliação utilizados permitem mensurar o progresso da aprendizagem, bem como o impacto do professor na criação de um ambiente virtual de aprendizagem que promove o desenvolvimento do pensamento crítico e a compreensão da relatividade.

Palavras-chave: aprendizagem significativa, currículo escolar, adaptação curricular, sequência de ensino, níveis de pensamento crítico.

Fecha Recepción: Octubre 2024

Fecha Aceptación: Mayo 2025

Introducción

El estudio de la relatividad en el nivel bachillerato representa un desafío debido a la falta de formación de los profesores, las dificultades experimentales, carencia de recursos didácticos y desinterés por enseñar un área que implica una elevada complejidad (Buitrago & Andrés, 2021). En el Instituto Politécnico Nacional (IPN), el programa de Física IV aborda el tema de la teoría de la relatividad. Sin embargo, la forma en que se estructura y enseña este contenido no siempre garantiza una comprensión profunda ni fomenta el pensamiento crítico.

La presente investigación se plantea con el propósito de analizar cómo una adecuación curricular, basada en la integración de un foro de discusión dentro de la secuencia didáctica, puede favorecer el aprendizaje de la relatividad. En este contexto, se busca responder a las preguntas:

¿Cómo influye el foro de discusión en el desarrollo del pensamiento crítico de los estudiantes de bachillerato al abordar el tema de la relatividad? ¿En qué medida la interacción en el foro refleja los distintos niveles de pensamiento crítico según Marzano y Kendall?

Este trabajo analiza el impacto de una adecuación curricular en el aprendizaje de la relatividad en estudiantes de bachillerato del IPN, enfocándose en el uso de un foro virtual como estrategia para desarrollar el pensamiento crítico, con base en los niveles cognitivos de Marzano y Kendall.

La propuesta didáctica consiste en trabajar de manera paralela los temas de Física Moderna, a través de la implementación de la plataforma Moodle con temas que fueron seleccionados y supervisados por dos expertos en Física Educativa, fomentando la comunicación, aprendizaje y el pensamiento crítico mediante un foro de discusión

La adecuación del tema de la teoría de la relatividad en esta indagación se considera clave para la formación del estudiante de bachillerato, ya que articula la competencia específica y los contenidos del perfil de egreso. Esta propuesta promueve el aprendizaje y el pensamiento crítico mediante recursos diseñados en la plataforma Moodle, favoreciendo también la comunicación e interacción estudiantil.

La adecuación curricular descrita en esta indagación responde a la necesidad de incorporar metodologías activas para fomentar el desarrollo cognitivo de los estudiantes. En particular, se plantea el uso de un foro de discusión como herramienta esencial para potenciar el pensamiento crítico.

Problemática

El estudio de la Física como ciencia experimental es uno de los ejes fundamentales en el bachillerato. Como parte del proceso de enseñanza y aprendizaje, es necesario garantizar la calidad de los aprendizajes, promoviendo la comprensión de los temas tanto en el aula como en el laboratorio, e integrando el uso de recursos tecnológicos. La combinación de estos elementos permite optimizar el aprendizaje de la Física (Ávila, 2022, p. 1).

La problemática se identificó a partir de una encuesta aplicada a 10 profesores de los turnos matutino y vespertino de la Academia de Física. Los resultados reflejan la necesidad

de ajustar los contenidos vinculados con esta competencia, incidiendo principalmente en los siguientes aspectos señalados por los docentes (véase Anexo 5).

1. Se requiere una formación disciplinar de parte de los docentes en los temas de Física Moderna.
2. Se requiere trabajar primeramente los temas que integran la competencia particular 3, sobre los principios de Física Moderna.
3. Requerimientos de recursos tecnológicos que permitan el estudio de los temas de Física moderna del plan y programa de estudios.
4. Espacio en la plataforma Moodle del IPN para poder subir contenidos de Física Moderna.

Al llevar el programa de estudios a la instrumentación didáctica, el grupo de docentes realiza un ajuste de los objetivos, actividades de aprendizaje y evaluación, buscando un equilibrio entre la teoría y la práctica

Según Marín (2020, p. 46), es fundamental implementar “estrategias para la orientación a los estudiantes sobre aspectos significativos de los contenidos de aprendizaje”. En este sentido, es importante que el docente vincule estos contenidos con los conocimientos que el estudiante va adquiriendo en su práctica preprofesional, evidenciando su significatividad para una aplicación posterior en contextos reales”.

Esta orientación pedagógica requiere, además, considerar los entornos en los que se desarrolla el aprendizaje. Desde esta perspectiva, la educación online se ha convertido en un elemento esencial en la enseñanza, demostrando que la educación presencial es solo una parte de todo lo que implica el proceso educativo (Contreras et al., 2024, p. 127).

En esta experiencia se identificaron diversas dificultades observadas en el aula. En primer lugar, la teoría de la relatividad representa un desafío para los estudiantes, ya que entra en conflicto con su intuición y con la experiencia cotidiana. Además, la enseñanza tradicional tiende a enfocarse principalmente en la exposición teórica, lo que deja escaso espacio para la reflexión y la argumentación. Como consecuencia, los estudiantes no siempre logran construir un conocimiento profundo y significativo, pues suelen limitarse a memorizar conceptos sin comprenderlos plenamente.

La pertinencia de esta investigación radica en que el programa de estudios se imparte en catorce de las diecinueve instituciones que conforman el bachillerato tecnológico. Por ello, los resultados de este trabajo pueden ofrecer elementos valiosos para una posible implementación general en el currículo actual. En particular, se destaca el uso del foro de discusión como un espacio estructurado para el intercambio de ideas, donde los estudiantes puedan confrontar sus conocimientos previos, plantear inquietudes y fortalecer su comprensión del tema de la relatividad.

Marco Teórico

Adecuación curricular en la enseñanza de la Física

Según Ceiro et al., (2024) la adecuación curricular es un proceso de toma de decisiones sobre los elementos del currículo, para dar respuesta a las necesidades educativas del alumnado, mediante la realización de modificaciones en los elementos de acceso al currículo. Por ello, se toma como referente la adecuación curricular al currículo general para el logro de los objetivos (López et al., 2020).

De acuerdo con Ceiro et al., (2024) y López et al., (2020), una vía fundamental para lograr los objetivos de la adecuación curricular consiste en aprovechar los distintos contextos en los que se desenvuelve el alumno, considerando sus necesidades en relación con el entorno y la influencia de sus pares, así como de los adultos con quienes mantiene vínculos significativos, como docentes, familiares o tutores. También resulta clave modificar los elementos de acceso que permitan superar barreras físicas, ambientales y temporales, ajustando los componentes esenciales según los contenidos y objetivos. Finalmente, la variedad de recursos tanto materiales como humanos es un factor determinante para implementar la adecuación curricular de forma creativa y pertinente.

Por otro lado, la *Agenda 2030* propuesta por las Naciones Unidas (2018) señala que “la educación es crucial para la transformación de nuestra forma de pensar y actuar en pro de la sostenibilidad y debe facilitar a los alumnos los conocimientos, habilidades, valores y actitudes que los empoderen para contribuir con el desarrollo sostenible”. En concordancia con este planteamiento, es posible vislumbrar la vinculación entre la formación básica y el bachillerato como cimientos fundamentales para una preparación superior y profesional sólida. Esta articulación es retomada en el documento de la SEP (2021), conocido como Plan de estudios para la educación preescolar, primaria y secundaria 2022, el cual establece que “más que un diseño curricular o de gestión escolar”, se trata de una reorganización del

sistema educativo que promueve la articulación entre niveles para favorecer el desarrollo integral de los estudiantes, desde la educación inicial hasta la superior (p. 8).

En el mismo orden de ideas Borgobello & Roselli (2016), afirman:

la construcción de conocimiento no es un hecho abstracto que realiza el estudiante únicamente utilizando la estructura cognitiva y de forma apartada del grupo, sino que los estudiantes se desenvuelven en un microsistema social desempeñando roles en procesos de influencia mutua. La construcción del conocimiento permite un acceso empírico a procesos psicológicos que son tanto cognitivos como de orden social, sociocognitivos y socioemocionales. (p. 361)

Desde esta perspectiva, en el nuevo marco curricular común se pretende que las y los estudiantes “comprendan su realidad desde una mirada lógica y sistemática (pensamiento matemático); desarrollen la capacidad para interactuar de forma receptiva, empática y pacífica con los demás (comunicación), comprendan su presente en perspectiva con su pasado (conciencia histórica); y hagan un uso adecuado de las nuevas tecnologías para investigar y adquirir los conocimientos que les permitan continuar con su trayecto formativo, pero también discriminar la información falsa de la verdadera y cuestionar la vigencia del conocimiento disponible (cultura digital) (SEP, 2019-2022, p. 23)

Como ejemplo de que estos principios de MCCEMS se alinean con los propósitos educativos tenemos la red de competencias: General y particulares de Física en el CECyT 11 (plan y programa 2008) que señalan:

“Verifica las leyes y principios del electromagnetismo, ondas y física moderna, vinculándolas con situaciones de su entorno natural, científico y tecnológico”.

El bachillerato considera en su plan y programa de estudios la modalidad escolarizada que toma en cuenta el aula y laboratorio con 90 horas al semestre distribuidas con dos horas de teoría en el aula, dos horas en el laboratorio y una hora en otros ambientes de aprendizaje que hacen un total de cinco horas semanales y considera la Red de Competencias (General y particulares).

Este trabajo puntualiza en el desarrollo de la competencia particular 3 y RAP 1 que enuncia:

Competencia particular 3: *Relaciona los principios y leyes de la Física Moderna en situaciones académicas y en su entorno social* y el Resultado de Aprendizaje Propuesto 1

(RAP 1): Describe los principios de la Física Moderna en situaciones académicas en su entorno social.

Como puede observarse, se hace referencia a un conocimiento abstracto y complejo, en su visualización a condiciones del entorno inmediato del estudiantado, aunado a su aplicación en situaciones propias de la ciencia y la tecnología.

Si bien somos conscientes de la necesidad de un rediseño curricular, esto sólo puede ser pensada en el marco institucional, Afortunadamente, los programas aún vigentes dan un margen de flexibilidad, el trabajo de academia y la libertad de cátedra hacen el resto, de ahí que resulta ad hoc al fin educativo, el que se ponga en juego la competencia genérica “*Piensa y crítica reflexivamente*”, de donde derivan los atributos adecuados a la indagación como se expresa en la figura 1.

Figura 1. Una adecuación de las competencias genéricas y atributos



Fuente: (plan y programa 2008)

La relación anterior muestra los atributos que los estudiantes pueden mostrar en el foro de discusión para la comprensión del concepto de Relatividad a través de diversas actividades propuestas.

Foro de discusión en la enseñanza de la Física

Según Biriya & Thomas (2014), los foros de discusión en línea fortalecen el aprendizaje al promover la comunicación como eje central del proceso educativo. La interacción con otros actores y la participación en entornos mediados por tecnología enriquecen el intercambio de conocimientos y potencian la calidad del aprendizaje.

Aprendizaje y pensamiento crítico

Por otro lado, en esta indagación se busca analizar la comunicación entre los estudiantes, la cual es definida por Bossolasco (2010, p. 41) como un proceso de educación de calidad que se desarrolla como una conversación guiada, la cual, a partir de un conjunto de rasgos distintivos, sería la que orienta y facilita el aprendizaje.

Aprendizaje. Santos et al., (2022, p. 33) define el aprendizaje como el proceso de desarrollo o adquisición de un conocimiento o habilidad que involucra procesos cognitivos individuales, así como procesos sociales.

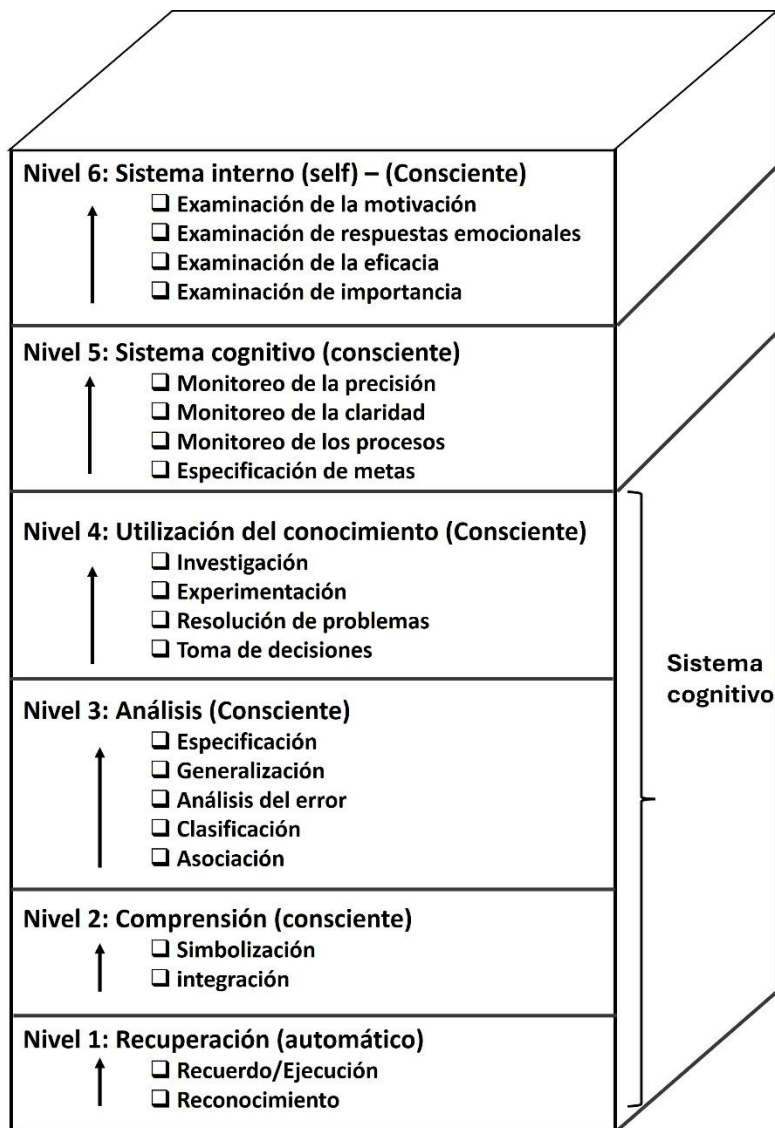
Pensamiento crítico. Santos et al., (2022, p. 144) precisa que el pensamiento crítico es un proceso cognitivo complejo, sistemático, cauteloso y disciplinado conformado por habilidades cognitivas, como conceptualizar, aplicar, analizar, sintetizar y evaluar efectivamente cualquier fenómeno, situación, interrogante o problema mediante la exploración de este, la integración de evidencia válida, la generación de una solución o hipótesis y la justificación de una propuesta.

Y es en ese sentido, que el estudiante construye el conocimiento como proceso encaminado al pensamiento crítico integrado de un análisis y del actuar (Santos et al., 2022).

Niveles cognitivos de Marzano y Kendall en el foro de discusión

Esta investigación considera las vertientes de la Reforma, el plan y programa de estudios de academia e individual, dado que la propuesta está orientada al análisis de la comunicación que los estudiantes describen en sus comentarios es posible encontrar diversos niveles de pensamiento por ello se considera también la Taxonomía de Marzano y Kendall que exponen Céline et al., (2022) como una alternativa para el trabajo educativo desde la planeación individual que se realiza para la implementación de esta actividad. Según lo referido por Céline et al., (2022) la taxonomía de Marzano y Kendall propone un enfoque más detallado de los procesos mentales a través del uso enriquecido de verbos que representan acciones cognitivas, que se ilustran en la figura 2.

Figura 2. Taxonomía de Marzano y Kendall



Fuente: Céline et al., (2022)

En concordancia con Céline et al., (2022) los niveles de procesamiento para el pensamiento crítico de acuerdo con Marzano y Kendall se resumen:

1. Recuperación (sistema cognitivo): Requiere una experiencia que active el recuerdo, permitiendo la transferencia de información de la memoria permanente a la memoria de trabajo.
2. Comprensión (sistema cognitivo): Implica traducir el conocimiento en estructuras que faciliten su almacenamiento y significado, integrando tanto información lingüística como sensorial.
3. Análisis (sistema cognitivo): Se basa en la comprensión para generar conocimiento a través de procesos como asociación, clasificación, análisis de errores y generalización.

4. Utilización del conocimiento (sistema cognitivo): Aplicación del conocimiento en tareas como toma de decisiones, resolución de problemas, experimentación e investigación.
5. Metacognición (sistema metacognitivo): Enfocado en establecer metas, monitorear el aprendizaje y realizar ajustes estratégicos para la mejora del proceso.
6. Sistema interno (self): Relacionado con actitudes, creencias y emociones en el aprendizaje, donde la motivación, la percepción de eficacia y las respuestas emocionales influyen en el éxito del proceso educativo.

Basado en la Taxonomía de Marzano y Kendall expuesta por Céline et al., (2022) y el plan y programa de estudios (2008) se establece la adecuación de la planeación individual, que se toman en cuenta para la implementación de un foro de discusión que da lugar a la comunicación, aprendizaje y pensamiento crítico, como competencias del siglo XXI que también están inmersas, precisamente en el aprendizaje del siglo XXI, las cuales constituyen un gran reto y que refieren a un pensamiento de orden superior como expresan Marzano y Kendall.

Por lo anterior, en la tabla 1 se muestra una vinculación entre los niveles cognitivos de la Taxonomía y Kendall (Céline, 2022, p. 371) alineado con las variables de: comunicación, aprendizaje y pensamiento crítico.

Tabla 1. Relación de la Taxonomía de Marzano y Kendall, las variables de comunicación, aprendizaje y el pensamiento crítico en el foro de discusión

Categoría	Indicador	Nivel Cognitivo	Descripción
Comunicación	Claridad y estructura del mensaje	Recuperación y Comprensión	Explica ideas con coherencia y organiza su argumentación de manera estructurada.
	Argumentación y uso de evidencia	Análisis	Justifica sus afirmaciones con datos, ejemplos o referencias.
	Interacción con pares y docente	Utilización del conocimiento	Participa activamente, responde a sus compañeros y construye sobre sus ideas.
Aprendizaje	Integración de conceptos previos	Recuperación y Comprensión	Relaciona la relatividad con conocimientos previos de física y matemáticas.
	Transferencia de conocimiento	Utilización del conocimiento	Aplica la relatividad a situaciones nuevas o resuelve problemas contextualizados.
	Uso de múltiples fuentes de información	Análisis	Contrasta distintas referencias y reformula sus ideas con base en nuevas evidencias.
Pensamiento Crítico	Evaluación de ideas propias y ajenas	Análisis	Cuestiona supuestos, identifica errores conceptuales y propone mejoras.
	Reflexión y metacognición	Sistema Cognitivo	Analiza su propio aprendizaje, reconoce limitaciones y plantea estrategias para mejorar.
	Construcción de conocimiento innovador	Sistema Interno	Propone nuevas perspectivas, soluciones o conexiones originales en torno a la relatividad.

Fuente: adaptación de las autoras con base en la taxonomía de Marzano y Kendall, (Céline et al., 2022)

Metodología

Esta investigación adopta un enfoque cualitativo para evaluar el aprendizaje de los estudiantes a través de un foro de discusión sobre la teoría de la Relatividad. Se analiza cómo los estudiantes construyen los conceptos afines del tema y de qué manera las interacciones en el foro evidencian que la adecuación curricular favorece un aprendizaje efectivo.

El enfoque cualitativo permite profundizar en las percepciones, opiniones y razonamientos de los estudiantes durante la actividad, proporcionando una visión más rica para la comprensión de la realidad social y la producción del conocimiento a través del análisis de diversos textos y documentos (Ramírez-Sosa & Peña-Estrada, 2022).

Piña-Ferrer (2023) indica que la investigación cualitativa aborda los significados, las acciones de los individuos y la manera en que estos se vinculan con otras conductas propias de la comunidad, reconociendo que todo conocimiento científico está sujeto a error.

El análisis de datos que consideró esta indagación es:

- Codificación temática: Se codificaron las respuestas y aportaciones de los estudiantes para identificar temas recurrentes en los mensajes intercambiados durante el foro.
- Análisis de contenido: Se realizó un análisis del contenido de las discusiones con el propósito de evaluar cómo los estudiantes integran el principio de relatividad en sus intervenciones, así como la eficacia con la que conectan los conceptos con situaciones concretas.
- Reflexión crítica: Se evaluó la efectividad del enfoque curricular vigente, considerando si las actividades propuestas fomentan el pensamiento crítico y la comprensión significativa de la relatividad. Asimismo, se identificaron posibles áreas de mejora en el diseño didáctico para fortalecer el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Participantes

La indagación se realizó con un grupo de 20 estudiantes de nivel bachillerato del CECyT 11 del IPN, con edades entre 16 y 18 años. El grupo representaba una diversidad de perfiles e intereses académicos, lo cual aportó múltiples perspectivas al desarrollo del foro de discusión virtual.

En el equipo docente participaron una profesora, quien facilitó el proceso educativo; una investigadora, responsable del diseño metodológico y del análisis de los datos; y la primera autora del presente artículo, encargada de la supervisión y coordinación general. Esta colaboración interdisciplinaria fortaleció tanto la dinámica del proyecto como la validez de los resultados obtenidos.

Adecuación curricular

En el contexto de la enseñanza de la física, un foro de discusión virtual ofrece oportunidades que la educación tradicional no siempre logra, pues el foro de discusión fomenta la interacción entre los estudiantes, pares y docentes en un entorno dinámico, accesible y flexible.

- Se adecuó la planeación individual del programa de Física IV (ver Anexo 1) para articular los objetivos didácticos con actividades orientadas al desarrollo del pensamiento crítico.
- Se diseñó una estrategia de discusión centrada en un foro virtual, implementado en la plataforma Moodle. Previo al foro, los estudiantes realizaron la lectura de textos de divulgación científica, resolvieron ejercicios con las ecuaciones de contracción de Lorentz y dilatación del tiempo, y analizaron videos que ilustraban los principios de la relatividad. Estas actividades sirvieron como andamiaje conceptual y contextual para la participación informada en el foro, considerado el núcleo del análisis de esta investigación.
- El tema central del foro fue la teoría de la relatividad, abordada a través de ejemplos que ilustran los conceptos de espacio y tiempo desde una perspectiva científica y didáctica.
- La profesora (primera autora de esta indagación) asumió un rol activo como facilitadora y moderadora de la discusión, guiando el intercambio mediante preguntas abiertas y fomentando la participación equitativa entre todos los estudiantes.

Instrumentos de recolección de datos

Para evaluar el impacto del foro de discusión virtual en el aprendizaje del tema de la relatividad, así como su vinculación con los niveles cognitivos propuestos por la taxonomía de Marzano y Kendall (citado en Céline et al., 2022) se emplearon diversos instrumentos que permitieron analizar el grado de participación, la calidad del discurso argumentativo y la apropiación conceptual de los estudiantes. Los instrumentos fueron los siguientes:

- Rúbrica de evaluación del foro de discusión (ver Anexo 2).
- Instrumento de evaluación específico, elaborado por la profesora titular de la unidad de aprendizaje (en adelante, *Evaluadora principal* o *EP*), con criterios centrados en los siguientes aspectos: contenido inicial; intercambio de ideas; interacción

estudiante-estudiante; interacción estudiante-profesora; uso de otras referencias; invitación al intercambio; aprendizaje; cumplimiento del requerimiento cuantitativo; formulación de tesis; argumentación; conclusión; e identificación y referencia al tema.

La validación del instrumento se realizó en un proceso colegiado. Participaron:

- la *Evaluadora principal* (EP),
- una *Profesora investigadora experta* en evaluación cualitativa (PI), y
- una *Profesora de física externa a la unidad de aprendizaje* (IE).

Este proceso permitió garantizar la coherencia, pertinencia y claridad de los criterios aplicados en la evaluación del foro, así como su alineación con los objetivos didácticos de la intervención.

Resultados

Los contenidos que se trabajaron de forma paralela en el curso de Física IV se alojaron en el espacio de Moodle en el sitio: <https://goo.su/qSZA>, sitio en el cual se formuló una pregunta en el foro de discusión, con base en una lectura (Anexo 3) y compendio de temas de Relatividad (Anexo 4), derivados de la tesis doctoral (Ávila, 2022).

Pregunta:

¿Cómo explicarías en forma sencilla la relatividad? (De acuerdo con este viaje de Einstein y considerando que está a punto de bajar del tren)

En cuanto a la evaluación de los estudiantes con la rúbrica, se destaca la distribución de los 20 estudiantes en los distintos niveles cognitivos según Marzano y Kendall.

Según los datos presentados en la tabla 2, la distribución resalta la necesidad de fortalecer estrategias didácticas que impulsen a los estudiantes más allá de la comprensión básica, promoviendo la argumentación, la aplicación de conocimientos y el pensamiento crítico en niveles más elevados.

Tabla 2. Distribución de los estudiantes según niveles cognitivos en el foro de discusión

Nivel Cognitivo (Marzano Kendall, Céline, 2022)	Descripción del Nivel	No. de estudiantes (n = 20)	Porcentaje (%)
Recuperación y Comprensión	Los estudiantes identifican y recuerdan información, pero con poca capacidad de análisis o aplicación.	12	60%
Análisis	Los estudiantes comparan, categorizan e identifican relaciones, pero aún tienen dificultades para extrapolar conocimientos a nuevos contextos.	4	30%
Utilización del Conocimiento	Los estudiantes son capaces de aplicar conceptos de relatividad a situaciones nuevas, evidenciando transferencia del aprendizaje.	3	5%
Sistema Cognitivo	Un estudiante muestra habilidades de metacognición y reflexión profunda, generando conocimiento innovador.	1	5%

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la evaluación realizada por la profesora titular de la unidad de aprendizaje, una profesora investigadora experta en evaluación educativa y una docente externa de física, se articulan con los criterios establecidos en la rúbrica de la Tabla 2. Dicha rúbrica fue diseñada para valorar cómo incide la adecuación curricular mediante una secuencia didáctica centrada en el tema de la relatividad en el desarrollo de habilidades comunicativas, cognitivas y argumentativas en un entorno de foro académico.

El enfoque utilizado reconoce que el avance del aprendizaje no es uniforme: algunos estudiantes destacan en la interacción y expresión escrita sin necesariamente profundizar en el pensamiento crítico; otros, en cambio, logran apropiarse conceptualmente del contenido sin mantener una participación fluida. Este reconocimiento de trayectorias diferenciadas resulta clave para valorar el impacto de la intervención didáctica desde un enfoque inclusivo y formativo.

En la Figura 3 se muestran los resultados cuantitativos de la evaluación, obtenidos a partir de la aplicación de la rúbrica por parte de las tres evaluadoras. La puntuación máxima posible es de 42 puntos, asignados de acuerdo con el cumplimiento de cada criterio: 1 punto si el criterio se cumple plenamente, 0.5 puntos si se cumple parcialmente, y 0 puntos si no se evidencia en la participación. Estos datos permiten observar la coherencia entre evaluadoras, así como las fortalezas y debilidades del discurso académico de los estudiantes.

las preguntas emergentes del foro, lo cual restringe el potencial para generar conocimiento argumentado.

- Nivel 1 (10–15 puntos): En este grupo se encuentran estudiantes que realizan construcciones básicas de sentido a partir de la lectura asignada. Aunque demuestran cierta comprensión, sus intervenciones se limitan a secuencias de proposiciones sin generalización ni reflexión crítica. Como señalan Marzano y Kendall, estas respuestas responden a un nivel inicial de procesamiento cognitivo, donde predominan los recuerdos inmediatos y la reproducción textual sin reelaboración conceptual.

Cabe destacar que ningún estudiante alcanzó la puntuación máxima, lo que indica áreas de oportunidad en cuanto a la búsqueda y uso de fuentes externas para enriquecer sus argumentos. La mayoría de las participaciones no evidencian estrategias de verificación o contrastación, lo cual limita el desarrollo de una postura crítica informada.

Discusión

En el desarrollo de foros de discusión, autores como Bossolasco et al. (2011) describen sus potencialidades y diversas formas de promover el aprendizaje significativo. Asimismo, se centran en el análisis y la descripción de las interacciones entre docentes y estudiantes como parte fundamental de estos espacios.

En el caso de la presente investigación, la actividad implementada del foro de discusión se llevó a cabo mayoritariamente con estudiantes de la modalidad escolarizada. La profesora responsable (primera autora de este trabajo) incorporó también la participación de observadores externos, quienes no interactuaron directamente con los estudiantes. Por parte del estudiantado, se observó una aceptación positiva de esta estrategia, la cual permitió experimentar una nueva forma de aprendizaje en el entorno virtual, apoyada en la plataforma Moodle, recurso ampliamente utilizado en la modalidad no escolarizada del Instituto Politécnico Nacional (IPN).

Aunque la modalidad escolarizada donde se desarrolló esta investigación no contempla el uso sistemático de Moodle, sí incorpora otros recursos digitales. A pesar de ello, los resultados obtenidos en este estudio proyectan la efectividad para complementar su uso de dicha plataforma en contextos escolarizados, pues facilita la mejora conceptual del alumnado, así como la promoción de la interacción y el intercambio de ideas. Estos elementos, en conjunto, favorecen la construcción colectiva del conocimiento.

En relación con la frecuencia del intercambio de mensajes durante el foro de discusión, se observa una alta participación al inicio, seguida por una disminución en el periodo intermedio asignado para responder. Posteriormente, la cantidad de interacciones vuelve a incrementarse conforme se aproxima el cierre del foro. Este comportamiento sugiere que, si bien los estudiantes participan dentro del tiempo establecido, su intervención no ocurre de forma continua ni equilibrada a lo largo del periodo disponible.

De acuerdo con lo planteado por Bossolasco (2010), este patrón puede atribuirse a estrategias deliberadas por parte del estudiantado, como posponer su participación hacia el final con el fin de revisar previamente las intervenciones de sus compañeros y así formular una respuesta más fundamentada. Este tipo de comportamiento refleja una forma de regulación temporal del aprendizaje en entornos virtuales.

Por lo que esta indagación conduce a fomentar el aprendizaje en entornos virtuales que no se limita únicamente a proporcionar información o a la asignación de tareas/actividades a los estudiantes. También, ~~agregamos~~ se denota que es fundamental realizar un seguimiento constante del proceso del aprendizaje; en esta investigación se establecen criterios claros de participación y, sobre todo, se monitorea de manera sistemática cómo los estudiantes van construyendo su pensamiento crítico alcanzando de modo parcial los niveles de Marzano y Kendall.

Lo anterior se denota en esta investigación, porque los comentarios que intercambian los estudiantes tienen mayor solidez, pero sobre todo con más sentido de la argumentación basado en los hechos de la lectura de los mensajes por parte de los compañeros que intervienen.

En el caso de la docente, se permitió establecer comunicación en el foro mediante invitaciones constantes a la participación. No obstante, la respuesta estudiantil fue limitada, lo que restringió el potencial de interacción entre pares. A pesar de ello, la construcción del conocimiento fue posible gracias a la guía y orientación de los participantes más activos, incluyendo la intervención de la docente y la observación de los aportes individuales.

Respecto al grado de dominio de la información, se observó que la participación en el foro facilitó la identificación de conceptos clave por parte de los estudiantes. Sin embargo, esta apropiación no siempre derivó en una profundización temática, ya que se identificó una tendencia a la reiteración de ideas. Este comportamiento podría interpretarse como una fase inicial del proceso de asimilación, donde predomina el conocimiento declarativo sobre el procedimental.

En relación con el manejo de procesos cognitivos, se identificaron distintas etapas de desarrollo: una fase inicial, donde los estudiantes verbalizan los pasos seguidos; una fase intermedia, en la que comienzan a reconocer posibles errores; y una etapa más avanzada, caracterizada por una ejecución autónoma y precisa de los procedimientos. Aunque el foro favorece este tránsito cognitivo, no se observó una retroalimentación efectiva entre estudiantes que permitiera la corrección oportuna de errores conceptuales o procedimentales.

Por otra parte, en lo que respecta a la aplicación de habilidades que requieren coordinación y práctica repetitiva, el desarrollo resultó más complejo. Estas habilidades exigen control y reiteración hasta alcanzar un nivel de automatización con bajo esfuerzo cognitivo. No obstante, se identificaron mejoras en el desempeño general y en la participación en el foro. Estos hallazgos sugieren que la implementación sostenida de esta estrategia puede ser beneficiosa para otros contenidos o contextos, al promover formas activas de aprendizaje, tales como la lectura crítica, la búsqueda y análisis de información, el estudio de material audiovisual y el planteamiento de preguntas que fomentan la reflexión y el pensamiento crítico.

La construcción del conocimiento en el foro de discusión se fortalece mediante la interacción entre estudiantes, contenidos y docente, lo que favorece la generación y enriquecimiento de ideas a partir de lecturas, videos y preguntas orientadoras.

Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos, se concluye que es pertinente una adecuación del plan y programa de estudios para favorecer el desarrollo de distintos niveles de cognición en los estudiantes, especialmente mediante actividades como los foros de discusión. Estas actividades permiten fortalecer la comunicación escrita, el aprendizaje y, en algunos casos, el pensamiento crítico. Para ello, se requiere una metodología que no solo identifique los problemas durante el proceso de aprendizaje, sino que también permita realizar ajustes oportunos para su mejora.

Entre las principales dificultades detectadas se encuentra la participación limitada de los estudiantes en el foro, ya que no cumplieron con los criterios establecidos desde el inicio. Asimismo, se observó una escasa realización de réplicas y una nula consulta de fuentes externas para enriquecer sus aportaciones.

Si bien los niveles cognitivos se alcanzaron parcialmente, los resultados muestran que solo el 30 % de los estudiantes (6 de 20) lograron argumentar con coherencia y validar su conocimiento a partir del foro de discusión. Asimismo, el 60 % (12 estudiantes) no utilizó los datos provenientes del experimento como base de análisis, lo que evidencia limitaciones en la aplicación de procesos cognitivos complejos. Estos hallazgos reflejan la necesidad de adecuar el currículo en concordancia con el plan y programa de estudios, el programa académico y la planeación docente.

La experiencia didáctica demostró coherencia entre los materiales alojados en la plataforma revisados y validados por expertos en Física Educativa y los objetivos del plan de estudios. Además, los contenidos se presentaron en un lenguaje accesible, lo que facilitó su comprensión y posibilitó la realización de actividades significativas por parte de los alumnos.

Finalmente, se considera valioso replicar esta experiencia en otros centros del IPN, con el propósito de consolidar el foro de discusión como una estrategia efectiva para promover el pensamiento crítico en unidades de aprendizaje centradas en la resolución de ejercicios.

Futuras líneas de investigación

El aprendizaje de la ciencia, particularmente de la Física en el nivel medio superior del IPN, requiere una revisión general que posibilite ajustes en los contenidos curriculares. No obstante, mediante la elaboración de planes didácticos individuales, es posible introducir adecuaciones que favorezcan el abordaje de temas como la Física Moderna, en este caso, el de la Relatividad. El diseño de la adecuación didáctica proporciona una alternativa a la luz de los resultados que se presentan, tomando en cuenta los siguientes aspectos:

1. La implementación del foro de discusión en la plataforma Moodle impactó positivamente en la forma en que los estudiantes se aproximan al estudio de la Relatividad. A diferencia de enfoques meramente investigativos que a menudo carecen de profundidad, esta estrategia les brindó herramientas concretas para analizar y discutir el contenido de forma gradual y articulada con el plan de estudios.
2. Este enfoque promueve el estudio autónomo y sostenido, favoreciendo el avance a ritmo propio, la colaboración entre pares y el desarrollo del pensamiento crítico. Dichos beneficios pueden proyectarse hacia otras unidades como Física I, II y III.
3. Asimismo, se identificó un cambio actitudinal favorable en los estudiantes hacia el estudio no forzado de la Relatividad, evidenciado en sus comentarios y participaciones

dentro de la plataforma. Este tipo de intervención fomenta prácticas como la lectura comprensiva, alineadas con criterios evaluativos tanto institucionales como internacionales, como los establecidos por PISA.

4. Finalmente, la evaluación integral, tanto cuantitativa como cualitativa, junto con la participación de docentes externos al diseño inicial de la actividad, permitió detectar nuevas áreas de mejora en la secuencia didáctica. Estos resultados respaldan la pertinencia de aplicar esta metodología en futuras experiencias y contenidos, contribuyendo así a una enseñanza más eficaz, reflexiva y centrada en el aprendizaje significativo.

Referencias

- Ávila, G. (2022). *B-Learning mediante Moodle y su impacto en el proceso de aprendizaje de Física Moderna en el Bachillerato IPN*. [Tesis de doctorado no publicada, Centro de Investigación de Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional] México.
- Biriyai, A. H., & Thomas, E. V. (2014). Online discussion forum: A tool for effective student-teacher interaction. *International Journal of Applied Science*, 1(3), 111-116.
- Borgobello, A. & Roselli, N. D. (2016). Rendimiento académico e interacción sociocognitiva de estudiantes en un entorno virtual. Consultado en <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-9702201606143478>
- Bossolasco, M. L. (2010). El foro de discusión. *Entorno mediado para la mediación cognitiva. Mendoza, AR: (Ed.) Virtual Argentina*.
- Bossolasco, M. L., Chiecher, A. C., & Donolo, D. (2011). Calidad de las interacciones en foros de discusión. Variables a considerar en su diseño e implementación. *Educación Superior*, (1), 101-125.
- Buitrago, C. S. & Andrés, M. M. (2021). Propuesta didáctica de estructura discursiva para la clase de Física en el profesorado. *Revista de Investigación*, 105(45). <https://goo.su/Ih2UCw>
- Ceiro, W., Mera, N. C., Lema, A. J., Mariño, L. M., & Rivera, C. T. (2024). Las adecuaciones curriculares en el proceso de aprendizaje en los estudiantes de preparatoria. *Sinergia Académica*, 7(1), 113-122.
- Céline, S., Dominic, M. M., Fransis, F. S., & Devi, M. S. (2022). Learning Content Classification and Mapping Content to Synonymous Learners based on 2022

- Augmented Verb List of Marzano and Kendall Taxonomy. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 13(8).
- Contreras, R. M., Parra, Parra, J. C., Díaz, W. A., & Montenegro, M. D. (2024). La educación online vs educación presencial: Percepciones. *Societas*, 26(1), 126-148. DOI: <https://doi.org/10.48204/societas.v26n1.4724>
- DOF (2008b). Diario Oficial de la Federación, 21 de octubre de 2008, Primera Sección, Secretaría de Educación Pública. ACUERDO número 444 por el que se establecen las competencias que constituyen el marco curricular común del Sistema Nacional de Bachillerato. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5061936yfecha=26/09/2008
- López, F. Y., González de Salceda, E., & Quintana, R. (2020). Estrategia adecuaciones curriculares, para favorecer la concentración y comprensión en actividades de lectura. *RILCO DS: Revista de Desarrollo sustentable, Negocios, Emprendimiento y Educación*, 2(12), 6.
- Marín, L. Y. (2020). El aprendizaje significativo. Algunas consideraciones para su alcance en el Instituto Superior Tecnológico Almirante Illingworth. *Revista Científica Ciencia y Tecnología*, 20(27). <https://doi.org/10.47189/rcct.v20i27.378>
- Naciones Unidas (2018), La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe (LC/G.2681-P/Rev.3), Santiago. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/cb30a4de-7d87-4e79-8e7a-ad5279038718/content>
- Piña-Ferrer, L. S. (2023). El enfoque cualitativo: Una alternativa compleja dentro del mundo de la investigación. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 8(15), 1-3. r 1 <https://doi.org/10.35381/r.k.v8i15.2440>
- Programa de estudios de Física IV. Modelo educativo centrado en el aprendizaje, con enfoque por competencias. Plan 2008. Dirección de Educación Media Superior. Secretaría Académica. Instituto Politécnico Nacional.
- Ramírez-Sosa, M. A., & Peña-Estrada, C. C. (2022). B-learning para Mejorar el Proceso de Enseñanza y Aprendizaje. *Revista Tecnológica-Educativa Docentes 2.0*, 15(2), 5-16. <https://doi.org/10.37843/rted.v15i2.309>
- Santos, R., González, P., & Sánchez, M. (2022). Glosario de innovación educativa. <https://cuaed.unam.mx/descargas/glosario-inovacion-educativa-digital-070322.pdf>

Secretaría de Educación Pública. (2021). *Proyecto Estratégico SEP 2021*.
<https://educacionmediasuperior.sep.gob.mx/work/models/sems/Resource/13516/1/images/PlanSEP0-23años.pdf>

Secretaría de Educación Pública. (2019-2022). *Rediseño del Marco Curricular Común de la Educación Media Superior 2019-2022*.
<https://educacionmediasuperior.sep.gob.mx/work/>

Anexos

<https://drive.google.com/file/d/1iAiVLAWK6ntT1Ny2xLfPH3eU4kefAitk/view?usp=sharing>

Rol de Contribución	Autor (es)
Conceptualización	Guillermina (igual) y María de la Luz (igual)
Metodología	Guillermina
Software	Guillermina
Validación	Guillermina (igual), María de la Luz (igual)
Análisis Formal	Guillermina
Investigación	Guillermina (igual), María de la Luz (igual)
Recursos	María de la Luz, Guillermina (apoya)
Curación de datos	Guillermina, María de la Luz (apoya)
Escritura - Preparación del borrador original	Guillermina
Escritura - Revisión y edición	Guillermina, María de la Luz (igual)
Visualización	Guillermina
Supervisión	Guillermina
Administración de Proyectos	Guillermina, María de la Luz (apoya)
Adquisición de fondos	Guillermina