

## 4. Desarrollo de un foro virtual para la mejora del pensamiento crítico en los conceptos de relatividad con estudiantes de bachillerato

GUILLERMINA ÁVILA GARCÍA\*

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.219.04>

### Resumen

Este capítulo presenta los alcances en materia de proyecto de investigación y plantea como objetivo desarrollar las actividades propicias en un foro de discusión virtual para la mejora de las habilidades del pensamiento crítico en los conceptos de *relatividad* con estudiantes de bachillerato en el Instituto Politécnico Nacional a través del modelo ADDIE, que considera como primicia los temas de la cinemática clásica y el principio de equivalencia, la relatividad según Galileo y Einstein. Se articula la descripción del diseño instruccional con la modalidad *b-learning*, considerando los contenidos del plan y programa de estudios que aluden a la concatenación de las interacciones que realizan los estudiantes en un foro de discusión, las cuales son valoradas para identificar las habilidades de pensamiento crítico que desarrollan los estudiantes.

**Palabras clave:** *diseño instruccional, foro de discusión, pensamiento crítico, relatividad, secuencia didáctica.*

---

\* Doctora en Ciencias con especialidad en Física Educativa. Profesora del Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos (CECYT) No. 11 Wilfrido Massieu del Instituto Politécnico Nacional (IPN), México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5229-3384>

## Introducción

Actualmente, la revolución industrial 4.0 ha originado una nueva revolución que combina innovadoras técnicas de producción mediante el empleo de sistemas inteligentes que buscan integrarse con las organizaciones y las personas [1], asimismo, la educación 4.0 ofrece un análisis del aprendizaje prediciendo objetivos para favorecer una educación personalizada que atribuye a [2]:

- Conocimiento disciplinar profundo,
- Competencias disciplinares, transversales, de adaptación a una multiculturalidad,
- Adaptabilidad al cambio y a la frustración, y
- Habilidad de comunicación

Asimismo, según Retnaningsih [3] la visión de la educación 4.0 es motivar a los estudiantes a aprender no solo conocimientos y habilidades, sino a identificar fuentes de aprendizaje a partir de estos conocimientos y habilidades; también Cynthia *et al.* [4] explican que en un marco de aprendizaje del siglo XXI se describen habilidades, el conocimiento y la experiencia que los estudiantes deben dominar para tener éxito en el trabajo y en la vida; respecto a este punto, se enfatizan las habilidades del pensamiento y resolución de problemas, habilidades creativas y de innovación, habilidades de comunicación y colaboración, alfabetización en tecnologías de la información y la comunicación y habilidades de aprendizaje contextual [4].

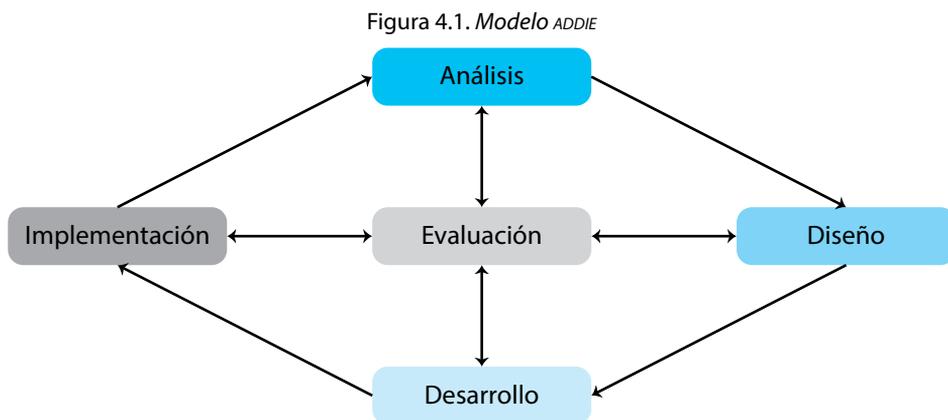
Por otro lado, la física como ciencia que analiza los fenómenos físicos naturales del entorno cotidiano y los fenómenos que ocurren en el universo requiere de un grado mayor de abstracción en función del nivel educativo de los estudiantes [4]. Para ello se requieren materiales digitales que se propongan al estudiante con el fin de coadyuvar al desarrollo del pensamiento crítico a través de un debate que se desarrolló con la propuesta de un foro de discusión virtual.

Por otro lado, la discusión asincrónica en línea facilitada puede proporcionar una forma constructiva y flexible de aprendizaje profesional y

apoyo a los estudiantes y puede ser una herramienta valiosa para que los educadores evalúen y mantengan actualizado el aprendizaje de la unidad de aprendizaje, pues indican que un factor clave para que los estudiantes participen en el aprendizaje en línea es a través de un entorno de aprendizaje propicio que permita los factores sociales, docentes y cognitivos efectivos [5, 6, 7, 8].

Asimismo, mediante un foro de discusión se puede proporcionar más tiempo de reflexión y una oportunidad potencialmente menos estresante para que los estudiantes y los facilitadores compartan sus pensamientos y opiniones que cuando se hace de forma presencial, aunque no necesariamente sea una participación significativa [5].

El siguiente punto para describir es el modelo ADDIE, que se reconoce como acrónimo de uso general de análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación como elementos del diseño instruccional [9]. El modelo ADDIE es un proceso con enfoque sistemático y centrado en el estudiante [10] y como guía para el desarrollo de productos educativos y recursos de aprendizaje [11]. La figura 4.1, muestra los elementos que comprende el modelo ADDIE que constituyen las fases interactivas que organizan el proceso instruccional [12].



Fuente: Morales *et al.* [12].

Las fases que componen al modelo [14] son:

- **Análisis.** El resultado de esta etapa en la lista de las tareas a realizar es el diseño del material educativo y consiste en un informe para todo diseñador instruccional; los elementos a considerar son: detectar el problema, tomar en cuenta el perfil de los involucrados, análisis de tareas, identificación de solución de formación, recursos disponibles, tiempo de disponibilidad, descripción de los criterios de evaluación.

La identificación de problema es el poco tiempo con el que se cuenta en el semestre para revisar a detalle los conceptos de relatividad [15], el tiempo de análisis de los estudiantes con situaciones planteadas en la relatividad son escasas, por lo que el foro de discusión virtual muestra una alternativa de desarrollo de pensamiento crítico. Conforme al diseño de la secuencia didáctica en torno al tema de relatividad y las actividades propuestas a través de la plataforma Moodle se elaboraron los criterios de evaluación.

- **Diseño.** Procede a desarrollar el programa atendiendo los criterios y principios didácticos, considerando los puntos: seleccionar los medios y sistemas para hacer llegar la información, trazar los objetivos de la unidad, el enfoque didáctico en general, planificar la formación, diseño de las actividades, diseño de actividades del estudiante, diseñar y desarrollar el proceso de evaluación. Se retomó el plan y programa de estudios [16] de la unidad de aprendizaje Física IV.
- **Desarrollo.** En esta etapa se genera, valida y desarrollan los recursos y/o contenidos de aprendizaje que son necesarios durante la implementación de todos los módulos de construcción, es decir, la elaboración y pruebas de materiales.

En esta etapa la autora de este capítulo realizó la búsqueda de los materiales y dos expertos en física educativa llevaron a cabo las revisiones y respectivas correcciones para colocarlos en la plataforma Moodle, espacio a cargo de la Dirección de Educación Virtual (DEV) del Instituto Politécnico Nacional (IPN), que fueron los encargados de dar apertura al espacio en Moodle y dar de alta a los estudiantes en el curso.

- **Implementación.** En esta fase se concreta el ambiente de aprendizaje y se involucran los estudiantes que considera: *a)* el plan de aprendizaje que emerge de la construcción real del conocimiento por parte del estudiante; *b)* el plan dirigido a los docentes que deberá facilitar las estrategias de enseñanza y los recursos de aprendizaje que han sido desarrollados en la fase previa; *c)* el plan de preparación que tiene como objetivo involucrar a los estudiantes y buscar impulsar la participación a la instrucción e interactuar eficazmente con los recursos de aprendizaje propuestos [11].

Esta fase tuvo lugar en la plataforma Moodle: <https://www.aula-polivirtual.ipn.mx/login/index.php> con actividades de lectura, principalmente materiales y videos de apoyo que permitieron la discusión en el foro de discusión.

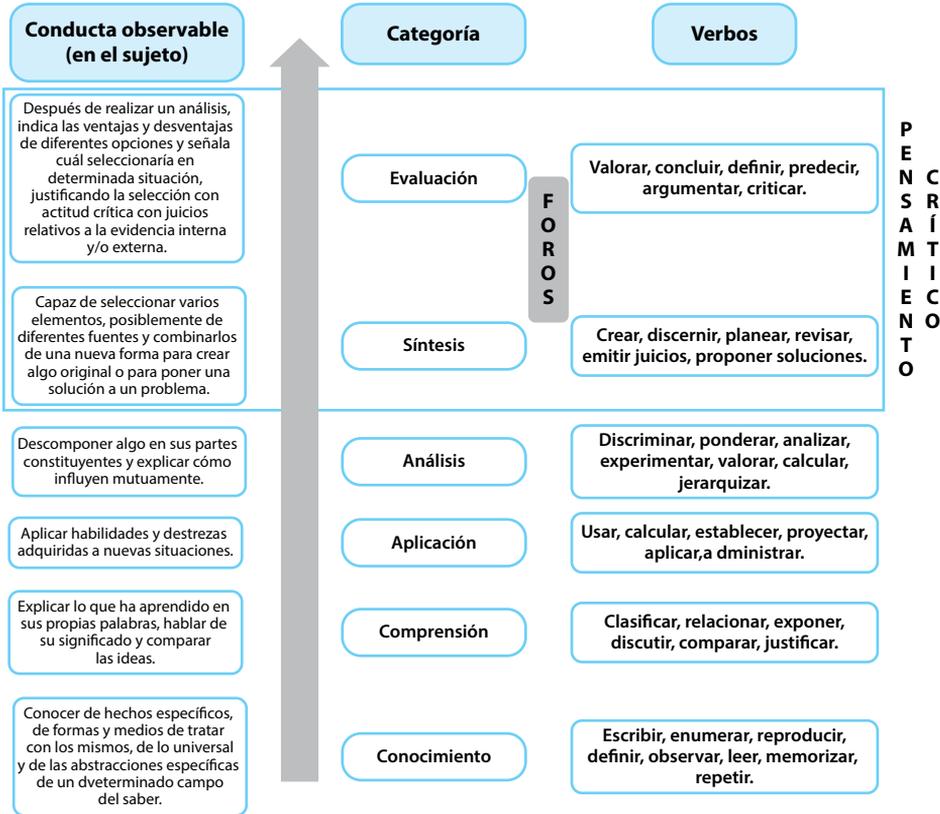
- **Evaluación.** Es una fase final y de las más importantes en todo el modelo, ya que permite valorar la calidad de los productos, así como los procesos de enseñanza y aprendizaje. Aquí se consideraron rúbricas de evaluación para destacar el pensamiento crítico que alcanzan los estudiantes durante el foro de discusión.

## Pensamiento crítico

El pensamiento intelectualmente disciplinado se concibe a través de conceptualizar, aplicar, analizar, sintetizar y evaluar la información recabada a partir de la observación, experiencia, reflexión, razonamiento o comunicación [17], las habilidades del pensamiento crítico de interpretación como lo es en las gráficas como actividad inicial con los estudiantes, análisis y evaluación se encuentran descritas en el cuarto al sexto nivel de la taxonomía de Bloom, como se describe en la figura 4.2 [17].

La didáctica del pensamiento crítico requiere de un aprendizaje activo para la construcción del conocimiento, por ello es necesario que el estudiante lo internalice para poder aplicarlo y observar el valor del concepto adquirido [18].

Figura 4.2. Categorías de Bloom para el desarrollo del pensamiento crítico



Fuente: Núñez *et al.* [17].

## Metodología: Diseño instruccional basado en el modelo ADDIE para el desarrollo del pensamiento crítico

En este apartado se muestra el modelo ADDIE en el proceso de enseñanza y aprendizaje en un ambiente *b-learning*, que combina la presencialidad y el ambiente virtual como referencia de cómo desarrollar el pensamiento crítico con estudiantes de bachillerato inscritos en modalidad escolarizada. A continuación se muestran las fases de dicha implementación basada en el modelo.

## A. Fase de análisis

La problemática que aborda esta investigación es con estudiantes de bachillerato del CECyT 11, que presentan dificultades para cubrir el programa en tiempo y forma durante el semestre, que apunta a solo realizar investigaciones por parte de los estudiantes en los temas de física moderna [19], asimismo la población de estudiantes se compone por 50 estudiantes por grupo inscritos en sexto semestre de bachillerato (el cual es el último en la institución) y debido a esto, el tiempo de entrega de evaluación se ve reducido por la premura de entrega de promedios. Así, el enfoque metodológico que requiere la unidad de aprendizaje refiere a que los conceptos y el enfoque práctico sean útiles a lo largo de su vida y sobre todo potencialmente reflexivos y creativos que aprendan a partir de las actividades y experiencias desarrolladas en continua interacción con el objeto de conocimiento.

## B. Fase de diseño

Identificación de los recursos pertinentes; en este caso, el ambiente virtual con el uso de la plataforma Moodle y diseño de materiales atractivos para enganchar la atención de los estudiantes en el estudio de la relatividad (principio de equivalencia), el diseño de una secuencia didáctica que enmarque los objetivos por cada actividad planteada.

Orientar a los estudiantes en la forma correcta con lecturas y materiales accesibles para ellos sin perder el nivel académico exigido por el plan y programa de estudios, además de considerar la dificultad propia del contenido, pero sobre todo las actividades que despierten el interés y en consecuencia la interacción de los contenidos propuestos.

Se elaboró la secuencia didáctica por parte de la docente autora de este trabajo, de tal forma que los diseñadores de la DEV tuvieran el formato que se muestra en el cuadro 4.1.

Tabla 4.1. Competencia general de la unidad de aprendizaje Física IV

Unidad de aprendizaje	Física IV	Nivel				Sexto
Horas totales del programa de estudios	Total de horas a la semana	Horas en aula		Horas en laboratorio o taller		Horas otros ambientes
		Presencial	Virtual	Presencial	Virtual	
90	5	2		2		1
<b>Competencia general</b>						
Verifica las leyes y los principios del electromagnetismo, ondas y física moderna, vinculándolas con situaciones de su entorno natural, científico y tecnológico						

Fuente: elaboración propia.

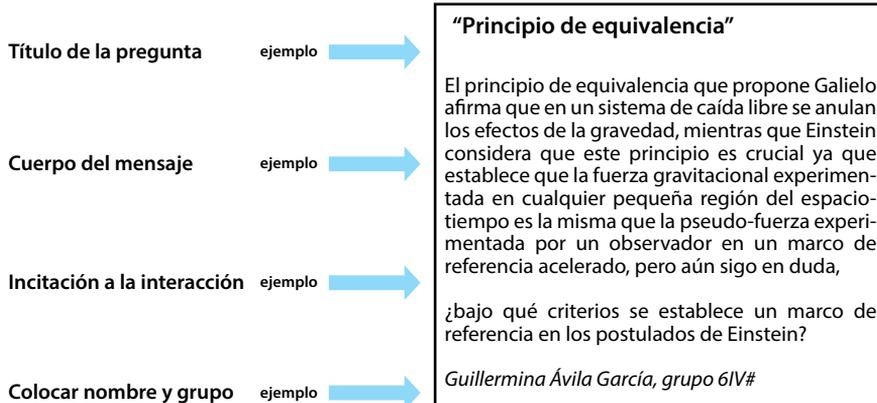
Considerando la competencia particular y el resultado de aprendizaje propuesto (RAP) que se muestra en el cuadro 4.2 [16].

Cuadro 4.2. Secuencia didáctica

<b>No. 1</b>
<p><b>Nombre de la actividad:</b> Actividad diagnóstico "Análisis de gráficas"</p> <p><b>Propósito:</b> Interpretar las gráficas relacionadas con los principios de la Relatividad.</p> <p><b>Tiempo (h):</b> Una hora presencial y una hora virtual.</p> <p><b>Instrucciones:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Se entrega una copia con diferentes tipos de gráficas con la finalidad de que el estudiante observe y selección de la gráfica afin con la situación planteada.</li> </ol> <p><b>Criterios de evaluación:</b> Selección correcta de la gráfica e indicando la interpretación de cada una de las gráficas planteadas.</p> <p><b>Instrumento o recurso:</b> Lista de cotejo para evaluar la selección de gráficas realizadas por parte de los estudiantes.</p> <p><b>Evidencia:</b> Relación de los principios de la Relatividad, mediante el uso de gráficas.</p> <p><b>Porcentaje:</b> 10%.</p> <p><b>Actividades del docente:</b> Orientación de las gráficas y algunos tips para saber si cumple con los criterios de que es una gráfica.</p>
<b>No. 2</b>
<p><b>Nombre de la actividad:</b> Primer foro de discusión virtual "Interpretando gráficas"</p> <p><b>Propósito:</b> Favorecer la expresión oral y escrita, el pensamiento crítico y reflexivo, su aprendizaje autónomo y el trabajo colaborativo (una adaptación del plan y programa de estudios 2008), en relación con la cinemática. Ejemplo de participación en el foro de discusión.</p> <p><b>Tiempo (h):</b> Durante un mes; tiempo estimado de realización: 2 horas.</p> <p><b>Instrucciones:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Apertura del foro de discusión, donde el docente señala las indicaciones de participación.</li> <li>Este es el espacio donde colocarán la solución de las gráficas que adjunto aquí mismo.</li> <li>Recuerden dar una cabal y cuidadosa respuesta con argumentos, que sostengan su respuesta. Además, pueden recurrir a otras fuentes de información siempre y cuando las citen en formato APA.</li> <li>Lean los criterios de evaluación anexos en este espacio.</li> <li>Este foro estará abierto del: 25 de abril al 10 de junio de 2023 hasta las 23:00.</li> </ol> <p><b>Observa el siguiente ejemplo de participación:</b></p>

Figura 4.3

## Ejemplo en el foro



**Criterios de evaluación:** Participación e interacción de acuerdo con lo estipulado en el mensaje ejemplo. Cumplimiento de la primera participación del estudiante, dos réplicas a dos compañeros.

**Instrumento o recurso:** Lista de cotejo para evaluar la participación e interacción de al menos dos réplicas en el foro, adjunta en el espacio de Moodle.

**Evidencia:** Foro de discusión en el espacio de Moodle.

**Porcentaje:** 10%.

**Actividades del docente:** Retroalimentación en el foro, sugerencias de investigación u otros materiales que puedan apoyar al estudiante a la argumentación.

## No. 3

**Nombre de la actividad:** "Lectura de Relatividad"

**Propósito:** Facilitar a los estudiantes el conocimiento de conceptos de Relatividad a través de las lecturas propuestas para el proceso del desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo para la Identificación de los postulados de la Relatividad basadas en la teoría de Galileo y Einstein".

**Tiempo (h):** Durante un mes; tiempo estimado de realización: 2 horas.

**Instrucciones:**

1. Indicaciones para llevar a cabo la lectura, también se indica que tienen acceso al material que comprende un compendio de información basada en el tema y conceptos de relatividad.
2. Sugerencias de toma de notas para investigar o preguntar dentro del foro de discusión que se habilitará posterior a la lectura.

**Criterios de evaluación:** Apunte con conjeturas realizadas por parte de los estudiantes que puede ser mediante un padlet o bloc de notas.

**Instrumento o recurso:** Lista de control de lectura.

**Evidencia:** Padlet con notas e investigación o aportaciones de los estudiantes.

**Porcentaje:** 10%.

**Actividades del docente:** Retroalimentación de parte del docente a través de la calificación mediante el foro

**No. 4**

**Nombre de la actividad:** "Glosario de Relatividad"

**Propósito:** Reconoce y recopila los conceptos básicos de los postulados de Relatividad con la finalidad de relacionar los conceptos estudiados y las aportaciones en el foro de discusión.

**Tiempo (h):** Durante un mes; tiempo estimado de realización: 2 horas.

**Instrucciones:**

1. De acuerdo con la lectura, material alojado en la plataforma Moodle, incluso tus investigaciones, elabora un glosario con los conceptos más relevantes hasta el momento.
2. Registra al menos 3 palabras de las que consideres que no hay un concepto y que haya llamado tu atención.
3. Recuerda revisar todo el glosario antes de tu participación, ya que no se debe repetir algún concepto.

**Criterios de evaluación:** Participación e interacción de acuerdo con los lineamientos establecidos para la elaboración del glosario, al menos cada estudiante debe presentar un mínimo de tres conceptos en el glosario sin repeticiones.

**Instrumento o recurso:** Lista de cotejo para evaluar la participación en el glosario.

**Evidencia:** Tres conceptos diferentes en el glosario por cada participación del estudiante.

**Porcentaje:** 10%.

**Actividades del docente:** Interacción en el glosario y en clase presencial recordar la importancia de los conceptos de relatividad.

**No. 5**

**Nombre de la actividad:** Experimentación "Caída libre"

**Propósito:** Propiciar en los estudiantes la observación de los fenómenos físicos con la finalidad de que relacionen el lenguaje simbólico, gráfico con el uso de tablas y diagramas a partir del uso del *software*, respecto a la cinemática.

**Tiempo (h):** Durante un mes; tiempo estimado de realización: una hora en ambiente presencial y tres horas en virtual.

**Instrucciones:**

1. Plantea las condiciones de la actividad de movimiento que propones para hacer un video como máximo 30 segundos de duración (preferentemente 10 segundos).
2. Sigue cuidadosamente el movimiento y grábalo con tu celular.
3. En el entorno de Tracker elige un plano de grabación fijo y las variables consideradas en clase para iniciar con el análisis.
4. Interpreta las gráficas respecto a la posición, aceleración y el tiempo. Recuerda el primer ejercicio realizado.
5. Compara esto datos con la teoría que ya conoces o bien con lo que has investigado sobre caída libre.
6. Analiza la variación que presentan las gráficas.
7. Escribe y compara los hallazgos de cada gráfica, durante tu experimento y sobre todo con la lectura de "Relatividad".
8. Redacta al menos 250 palabras de conclusiones.

Que debes adjuntar en el espacio de Moodle:

- a) Archivo del video del experimento.
- b) Archivo generado de Tracker.
- c) Archivo con imágenes del fenómeno y las gráficas con Tracker, con interpretación.

**Criterios de evaluación:** Tres archivos adjuntos con los lineamientos descritos en plataforma.

**Instrumento o recurso:** Rúbrica de evaluación

**Evidencia:** Los tres archivos con los respectivos lineamientos cada uno.

**Porcentaje:** 20%.

**Actividades del docente:** Realimentación de la información (en forma presencial) y atención a posibles dudas por parte de los estudiantes.

**No. 6**

**Nombre de la actividad:** Segundo foro de discusión "Principio de equivalencia"

**Propósito:** Favorecer la expresión oral y escrita, el pensamiento crítico y reflexivo, su aprendizaje autónomo y el trabajo colaborativo (una adaptación del plan y programa de estudios 2008), en relación con el Principio de equivalencia.

**Tiempo (h):** Durante un mes; tiempo estimado de realización: 2 horas.

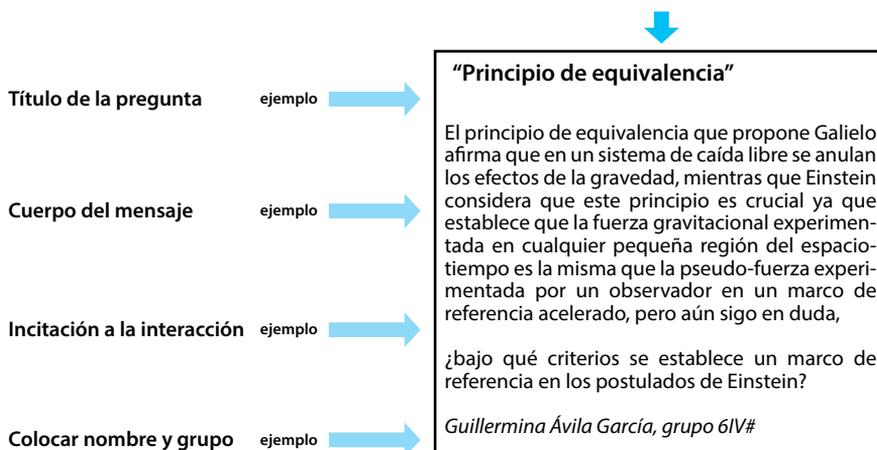
**Instrucciones:**

1. Apertura del foro de discusión, donde el docente señala las indicaciones de participación.
2. Este es el espacio donde escribirán su postura acerca del Principio de equivalencia y que previamente han leído y aportado en las actividades previas a este foro.
3. Recuerden dar una cabal y cuidadosa respuesta con argumentos, que sostengan su respuesta. Además, pueden recurrir a otras fuentes de información siempre y cuando las citen en formato APA.
4. Lean los criterios de evaluación anexos en este espacio.
5. Este foro estará abierto dos semanas a partir de la apertura.

Observa el siguiente ejemplo de participación:

Figura 4.4

### Ejemplo en el foro



**Criterios de evaluación:** Participación e interacción de acuerdo con lo estipulado en el mensaje ejemplo.

Cumplimiento de la primera participación del estudiante, dos réplicas a dos compañeros.

**Instrumento o recurso:** Lista de cotejo para evaluar la participación e interacción de al menos dos réplicas en el foro, adjunta en el espacio de Moodle.

**Evidencia:** Foro de discusión en el espacio de Moodle.

**Porcentaje:** 10%.

**No. 7**

**Nombre de la actividad:** Experimentación “Principio de equivalencia con Phyphox”

**Propósito:** Propiciar en los estudiantes la observación de los fenómenos físicos con la finalidad de que relacionen el lenguaje simbólico, gráfico con el uso de tablas y diagramas a partir del uso del *software*, respecto al principio de equivalencia.

**Tiempo (h):** Durante un mes; el tiempo estimado de realización: presencial (1 hora), virtual (3 horas).

**Instrucciones:**

1. Primero descarga la siguiente aplicación en tu celular Phyphox, es muy sencillo y sobre todo gratuito.
2. Como podrás notar, tiene muchas aplicaciones, pero nosotros nos enfocaremos a la de aceleración, para lo cual debes ver el siguiente video, donde se explica el Principio de Equivalencia. <https://www.youtube.com/watch?v=zp8FZH2inL0&t=1s>
3. Una vez que hayas realizado el experimento, debes integrar en este espacio, lo siguiente:
  - a) Archivo Word donde coloques las imágenes del experimento y expliques qué sucedió, cómo explicas la caída libre desde este punto de vista, integra las gráficas generadas en Phyphox y la interpretación acerca de la aceleración.
  - b) Archivo del video del experimento donde estes explicando.

**Criterios de evaluación:** Tres archivos adjuntos con los lineamientos descritos en plataforma.

**Instrumento o recurso:** Rúbrica de evaluación

**Evidencia:** Los dos archivos con los respectivos lineamientos cada uno.

**Porcentaje:** 20%.

**Actividades del docente:** En clase se orienta a los estudiantes con sugerencias para la realización del experimento y el uso de la aplicación de Phyphox.

**No. 8**

**Nombre de la actividad:** Tercer foro de discusión “Principio de Galileo vs Principio de Einstein”

**Propósito:** Favorecer la expresión oral y escrita, el pensamiento crítico y reflexivo, su aprendizaje autónomo y el trabajo colaborativo (una adaptación del plan y programa de estudios 2008), considerando: Principio de equivalencia Einstein y Galileo, y los trabajos previos de cinemática y principio de equivalencia.

**Tiempo (h):** Durante un mes; tiempo estimado de realización: 2 horas.

**Instrucciones:**

1. Apertura del foro de discusión, donde el docente señala las indicaciones de participación.
2. Realiza un cuadro comparativo señalando diferencias y similitudes entre estas dos teorías, comparte en el foro este cuadro para iniciar la discusión del tema.
3. Recuerden dar una cabal y cuidadosa respuesta con argumentos, que sostengan su respuesta. Además, pueden recurrir a otras fuentes de información siempre y cuando las citen en formato APA.
4. Lean los criterios de evaluación anexos en este espacio.
5. Este foro estará abierto dos semanas a partir de la apertura.

Observa el siguiente ejemplo de participación:

Figura 4.5

**Ejemplo en el foro**

**Título de la pregunta**

ejemplo



**Cuerpo del mensaje**

ejemplo



**Incitación a la interacción**

ejemplo



**Colocar nombre y grupo**

ejemplo



**"Principio de equivalencia"**

El principio de equivalencia que propone Galileo afirma que en un sistema de caída libre se anulan los efectos de la gravedad, mientras que Einstein considera que este principio es crucial ya que establece que la fuerza gravitacional experimentada en cualquier pequeña región del espacio-tiempo es la misma que la pseudo-fuerza experimentada por un observador en un marco de referencia acelerado, pero aún sigo en duda,

¿bajo qué criterios se establece un marco de referencia en los postulados de Einstein?

Guillermina Ávila García, grupo 6IV#

*Criterios de evaluación:* Participación e interacción de acuerdo con lo estipulado en el mensaje ejemplo.

Cumplimiento de la primera participación del estudiante, dos réplicas a dos compañeros.

*Instrumento o recurso:* Lista de cotejo para evaluar la participación e interacción de al menos dos réplicas en el foro, adjunta en el espacio de Moodle.

*Evidencia:* Foro de discusión en el espacio de Moodle.

*Porcentaje:* 10%.

Fuente: elaboración propia.

### ***Población y muestra***

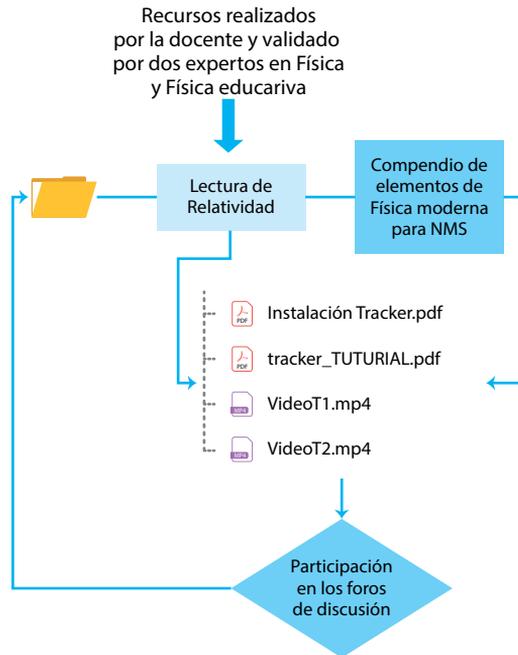
La población atendida fue de tres grupos de sexto semestre inscritos en modalidad escolarizada; los grupos se inscribieron de forma voluntaria y con el fin de obtener un incentivo al final de su calificación de acuerdo con la evidencia de aprendizaje presentada. En total fueron 25 estudiantes, de los cuales fueron nueve mujeres y 16 hombres.

### **C. Fase de desarrollo**

Para el uso de la plataforma Moodle del IPN se elaboró la secuencia didáctica y la compilación de todos los materiales digitales como: compendio de

lecturas, videos, tutoriales para que con el apoyo de la DEV del IPN se diseñara el espacio donde se alojarían los recursos. En la figura 4.6, se resume el diseño de materiales y que aparecen en la plataforma Moodle.

Figura 4.6. Recursos y materiales alojados en la plataforma Moodle



Fuente: elaboración propia.

## D. Fase de implementación

La fase de implementación se caracterizó por:

- Publicación del módulo mediante Moodle.
- Monitoreo y seguimiento de los procesos de aprendizaje a través de las actividades propuestas en la secuencia didáctica, que toma en cuenta como base el plan de clase, el cual fue revisado y autorizado por la DEV.

- Evaluación del proceso.
- Las correcciones de errores y ajustes fueron atendidas de modo inmediato por parte de la DEV (en cuestión del diseño) y en cuanto a contenido por parte de la docente.

## E. Fase de evaluación

Esta es una de las fases más importantes ya que se analizó si el estudiante logró alcanzar los objetivos a través de cada actividad planteada, principalmente el desarrollo de las habilidades del pensamiento crítico en los conceptos de relatividad y para ello se consideraron los verbos de la taxonomía de Bloom descritos anteriormente.

## Resultados y discusión

Los resultados alcanzados en esta implementación que parten de un marco teórico basado en el modelo ADDIE como diseño instruccional para el desarrollo del pensamiento crítico permitieron alcanzar el objetivo planteado a través de la formulación de actividades que decantan en el uso de la plataforma Moodle y es precisamente la formulación de las actividades donde reside ese desarrollo del pensamiento en los estudiantes de modo parcial y que se considera se debe seguir trabajando para lograrlo en su totalidad.

La formación de los estudiantes de bachillerato comprende, de acuerdo con el plan y programa de estudios, un enfoque práctico referente a estructuras de pensamiento y procesos aplicables a contextos diversos, que serán útiles para los estudiantes a lo largo de su vida, más aún para los estudios de ingeniería que en su mayoría les concierne, sin dejar de lado el rigor metodológico.

Los principales resultados se muestran en el cuadro 4.3, que compete a los niveles de dominio de acuerdo con la taxonomía de Bloom y específicamente durante el proceso de los foros de discusión, donde se consideran las siguientes nomenclaturas:

- IG = Interpretación de gráficas
- L = Lectura de relatividad
- FD1 = Foro de discusión virtual 1
- FD2 = Foro de discusión virtual 2
- FD3 = Foro de discusión virtual 3
- G = Glosario
- ExpCL = Experimentación caída libre
- ExpPE = Experimentación principio de equivalencia
- M/R = Materiales o recursos para el estudio de la relatividad
- AE = Autoevaluarse en el foro de manera respetuosa y con argumentos

Tabla 3. *Perspectiva de los estudiantes*

<i>Niveles de dominio</i>	<i>Ítems</i>
Análisis e interpretación de gráficas	AG: Se me hizo muy complicado identificar las gráficas, solo le atiné a una. FD1: No sé cómo escribir una argumentación correcta de acuerdo con las gráficas.
Razonar / Argumentar	FD1, FD2, FD3: Al principio me costó trabajo decir lo que pienso respecto a las actividades, pero conforme avancé en los foros, se me hizo más sencillo, además te ayudan las actividades de experimentación. Me gusta más cuando hacemos experimentación, porque con la lectura siento que no sé cómo no copiar lo que te dicen en la lectura. Es cuestión de que te apliques, aunque es complicado, te gana el querer copiar. M/R: Me hubiera gustado que los materiales fueran más diversos o vistosos. M/R: Me gusta que tengan más imágenes las lecturas.
Cuestionar / Preguntarse	FD1, FD2, FD3: En los foros es muy complicado que tus compañeros pregunten y si preguntas, no entran al foro a contestar... Pienso que debe haber otra forma de hacernos preguntas, a mí se me ocurren, pero quedan fuera del contexto de relatividad... Yo pregunté en los tres foros, pero solo la maestra me respondió... Las preguntas de la maestra te hacen pensar mucho y a veces no encontraba cómo responder... G: El glosario me gustó mucho porque te tenías que apurar para que no te ganaran las palabras y porque se volvía más complicado cuando ya había muchas palabras definidas.
Evaluar	AE: La evaluación por medio de la rúbrica de la profesora me ayudó, pero es muy complicado porque tus compañeros piensan que les vas a poner en todo 10 y no, porque la verdad sí que estaban incorrectas algunas cosas... AE: En los foros de discusión no nos dijimos lo que quisimos, porque había errores que son bien visibles... AE: A mí me gustó la última evaluación, por lo que pude ver es que al principio lo tomamos a la ligera, pero conforme avanzamos y vimos que una actividad estaba ligada a otra te das cuenta de que la finalidad de que te hagan trabajar es para que aprendas, creo que fuimos muy conscientes de esto, solo que al final... M/R: Los materiales son adecuados, porque no tienen muchas ecuaciones y eso ayuda a entender...

<i>Niveles de dominio</i>	<i>Ítems</i>
Posicionarse / Toma de decisiones	<p>FD1, FD2, FD3: Para mí fue muy complicado emitir juicios porque tienes demasiada tarea y luego yo dejaba al final esta participación...</p> <p>AG: En la interpretación de gráficas como lo revisamos en clase se me hizo más fácil porque todos participamos al mismo tiempo y al momento por lo que no tenemos que esperar a que suban los resultados que obtienen...</p> <p>ExpCL: A mí me costó trabajo en la experimentación porque no tomamos en cuenta el punto de referencia y luego con las gráficas debió ser más sencillo porque ya habíamos realizado una actividad, pero lejos de eso fue más complejo...</p> <p>ExpPE: Esta experimentación fue muy agradable, es sorprendente ver el valor de la gravedad no cambiar cuando un objeto va en picada...</p> <p>AE: Para mí fue muy difícil emitir un juicio en los resultados de mis compañeros, porque no aceptaban que estaban incorrectos.</p> <p>AE: Yo les propuse una solución a mis compañeros, pero no me leyeron, tampoco leyeron las sugerencias de la profesora... así que no corrigieron.</p> <p>G: Muchos compañeros repitieron las palabras del glosario, pienso que pudieron buscar otras palabras y darnos más material.</p>
Actuar / Comprometerse	<p>FD1, FD2, FD3: A mí en lo particular me parece más complicado tener actividades paralelas a las que ya tenemos, pero no niego que me gusta el tema.</p> <p>FD3: Este último foro me despertó mucho interés, aunque admito que el tiempo en el que participé no fue el preciso, ya que mis compañeros ya tenían dos días de haber concluido, se me dificultó porque estaba enfermo...</p> <p>ExpCL, ExpPE: No hice los experimentos, pero me guíe con lo que hicieron mis compañeros, me hizo falta responsabilizarme.</p> <p>M/R: Espero que otros profesores hagan lo mismo y me comprometo a leer con más calma. Me gustaría que pusieran más cuentitos cortos para entenderle mejor.</p>

Fuente: elaboración propia.

Resultados de la evaluación a cargo de la docente, considerando los niveles de dominio de la taxonomía de Bloom y las actividades realizadas en la plataforma Moodle; en el cuadro 4.4 se muestran las puntuaciones obtenidas por cada estudiante.



Del cuadro 4.4 se concluye que son pocos los estudiantes que desarrollan el pensamiento crítico a través de las actividades, considerando de relevancia los siguientes casos:

- a) Desarrollo del pensamiento crítico; solo 25% de los estudiantes realiza las actividades que en consecuencia los lleva a una argumentación que favorece el pensamiento crítico; por debajo de la media, 63.8% se encuentra en proceso de desarrollarlo, falta constancia en la realización de las actividades para lograr un debate en línea que permita la interacción entre estudiantes. Los resultados muestran una tendencia a dejar las actividades al último momento y posteriormente no puede haber más interacción. Esto se evidencia en los comentarios y perspectivas que tienen los estudiantes respecto a las actividades de la plataforma Moodle.
- b) El 11.2% de los estudiantes no se interesó en entrar a la plataforma o realizar las actividades, su participación fue nula. Sin registro de entrada a pesar del apoyo que se les brindó.
- c) Lo más destacable es que al inicio 22.2% igual a ocho estudiantes no participan en la primera actividad, posteriormente esos mismos alumnos tienen una participación que tiende a la argumentación, aunque les haya afectado la actividad principal.
- d) A pesar de que 88.8% igual a 32 estudiantes realizan o participan en los foros de discusión no hay una continuidad, por lo que se deduce que la falta de realización de las actividades tiende a una pobreza argumentativa.
- e) Un factor importante que no se había contemplado es el uso de la inteligencia artificial (IA) por parte de los estudiantes, que a pesar de haber participado se detectó el uso de IA, por lo que se realizó un breve cuestionario oral para cerciorarse de que el estudiante comprendía la información, lo que apuntó finalmente que solo copió sin citar la fuente y sin la comprensión del contenido. Este hecho es un parteaguas que ha marcado la diferencia para el diseño instruccional con las variantes que se tendrán que ajustar para las futuras implementaciones.

- f) La falta de compromiso es un hecho que no permite a los estudiantes avanzar, un aspecto importante que se notó durante esta implementación es que se requiere de mucha presencia docente para que los estudiantes trabajen y también que se debe limitar el tiempo de participación o hacerlo en la hora de otros ambientes que marca el plan y programa de estudios.

Los estudiantes califican de modo viable la serie de actividades que se les propone, sin embargo, mencionan que se les olvida y se les junta con muchas actividades propias de la escuela, como sugerencia solicitan que pueda iniciar con este plan al inicio del semestre.

## Conclusiones

Finalmente, en el Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No. 11 (CECYT 11) contempla el estudio de la física moderna en sexto semestre de bachillerato que integra los contenidos de relatividad y cuántica, pero se estudian en últimas semanas del curso, además los conceptos de relatividad en este nivel bachillerato se introducen de modo acrítico y con una tendencia débil al conocimiento de los fundamentos de la teoría [19].

Al respecto conviene mencionar que las actividades implementadas pueden ser incorporadas al inicio del semestre, más aún en otras unidades de aprendizaje a modo de complementar los contenidos como repaso; este es un modelo mixto que presenta una solución inmediata para el fomento de aprendizaje desarrollando el pensamiento crítico con una tendencia al desarrollo de argumentos basados en los recursos necesarios e información actual y efectiva.

Si bien no se alcanzan los niveles de pensamiento crítico en forma potencial, se considera que estas propuestas son de avance gradual y que se determinan a través de los intereses de los estudiantes y también de la aplicación constante de estos recursos a través del modelo ADDIE, que considere fases en relación con los niveles de pensamiento crítico.

A través de la aplicación y presencia docente en este tipo de actividades se favorece la participación de los estudiantes; la presente investigación

es clara muestra de que el modelo ADDIE y los niveles de dominio de la taxonomía de Bloom favorecen el desarrollo de competencias [16], además que da apertura para nuevas propuestas para seguir indagando lo que sucede con el desarrollo del pensamiento crítico a través del uso de IA, que se está volviendo tendencia y muy común entre los estudiantes. Finalmente el papel del docente debe ser muy activo para buscar las herramientas necesarias y así consolidar el aprendizaje.

## Referencias

- [1] Sifuentes, A. T., Sifuentes, E. L., y Rivera, J. M. (2022). Educación 4.0, modalidad educativa y desarrollo regional integral. *IE: Revista de Investigación Educativa de la Rediech*, (13), 13.
- [2] Díaz, R. (2018, 11 de junio). Innovación y emprendimiento, fundamentales en la educación 4.0. *Universo*. <https://www.uv.mx/prensa/general/innovacion-y-emprendimiento-fundamentales-en-la-educacion-4-0>.
- [3] Retnaningsih, D. (2019). Challenges and Strategy of Teachers in the Industrial 4.0 Revolution in Improving Education Quality. En *Actas del Seminario Nacional "Política y desarrollo la educación en la era de la revolución industrial 4.0"*. <https://jurnal.ustjogja.ac.id/index.php/snpep2019/article/view/5624>.
- [4] Cynthia, C., Arafah, K., y Palloan, P. (2023). Development of Interactive Physics E-Module to Improve Critical Thinking Skills. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(5), 3943-3952.
- [5] Douglas, T., James, A., Earwaker, L., Mather, C., y Murray, S. (2020). Online Discussion Boards: Improving Practice and Student Engagement by Harnessing Facilitator Perceptions. *Journal of University Teaching & Learning Practice*, 17(3), 2020.
- [6] Bair, D. E., y Bair, M. A. (2011). Paradoxes of Online Teaching. *International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning*, 5(2).
- [7] Garner, R., y Rouse, E. (2016). Social Presence: Connecting Pre-Service Teachers as Learners Using a Blended Learning Model. *Student Success*, 7(1), 25-36.
- [8] Zhao, H., y Sullivan, K. P. (2017). Teaching presence in Computer Conferencing Learning Environments: Effects on Interaction, Cognition and Learning Uptake. *British Journal of Educational Technology*, 48(2), 538-551.
- [9] Sánchez, M. A., y Selva, V. S. (2006). La relatividad en el bachillerato: Una propuesta de unidad didáctica. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 439-454.
- [10] Carrillo, M. J., y Roa, L. C. (2018). *Diseñando el aprendizaje desde el modelo ADDIE* [Tesis]. Universidad de La Sabana, Colombia.
- [11] Maribe, R. (2009). *Instructional Design: The Addie Approach*. Springer Science y Business Media. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-09506-6>.

- [12] Morales, G., Edel, N., y Aguirre, A. (2014). Modelo ADDIE (análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación): Su aplicación en ambientes educativos. En I. Esquivel Gámez (coord.). *Los modelos tecno-educativos: Revolucionando el aprendizaje del siglo XXI* (pp. 33-46). UV.
- [13] Morales, B. (2022). Diseño instruccional según el modelo ADDIE en la formación inicial docente. *Apertura*, 14(1), 80-95.
- [14] Williams, P., Schrun, L., Sangra, A., y Guardia, L. (s/f). *Modelos de diseño instruccional*. Universitat Oberta de Catalunya.
- [15] Otero, M. R., Arlego, M., y Prodanoff, F. (2015). Teaching the Basic Concepts of the Special Relativity in the Secondary School in the Framework of the Theory of Conceptual Fields of Vergnaud. *Il Nuovo Cimento C*, 38(3), 1-13.
- [16] Instituto Politécnico Nacional (IPN) (2008). *Un nuevo modelo educativo del IPN: Materiales de la reforma*. IPN.
- [17] Núñez López, S., Ávila Palet, J. E., y Olivares, S. L. (2017). El desarrollo del pensamiento crítico en estudiantes universitarios por medio del aprendizaje basado en problemas. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, 8(23).
- [18] Compte, M. y Del Campo, M. S. (2019). Aprendizaje colaborativo en el sistema de educación superior ecuatoriano. *Revista de Ciencias Sociales*, 25(2), 131-140.
- [19] Ávila, G. (2022). *B-Learning mediante Moodle y su impacto en el proceso de aprendizaje de física moderna en el bachillerato IPN* [Tesis doctoral no publicada]. Centro de Investigación de Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Instituto Politécnico Nacional, México.