



Revista EIA  
ISSN 1794-1237  
e-ISSN 2463-0950  
Año XIX/ Volumen 21/ Edición N.42  
Julio - diciembre de 2024  
Reia4206 pp. 1-22  
Publicación científica semestral  
Universidad EIA, Envigado, Colombia

**PARA CITAR ESTE ARTÍCULO /  
TO REFERENCE THIS ARTICLE /**

Devia Roa, D. M.  
Diseño de objeto virtual de  
aprendizaje (OVA) para el análisis de  
las leyes de conservación en colisión  
de hadrones.  
Revista EIA, 21(42), Reia4206.  
pp. 1-22.  
<https://doi.org/10.24050/reia.v21i42.1796>

 *Autor de correspondencia:*

David Mateo Devia Roa  
Licenciado en Física.  
Universidad Distrital Francisco José de  
Caldas, Colombia  
[dmdeviar@udsitrital.edu.co](mailto:dmdeviar@udsitrital.edu.co)

**Recibido:** 02-10-2023

**Aceptado:** 27-05-2024

**Disponible online:** 01-07-2024

# Diseño de objeto virtual de aprendizaje (OVA) para el análisis de las leyes de conservación en colisión de hadrones.

 DAVID MATEO DEVIA ROA<sup>1</sup>

1. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia

## Resumen

Para la formación disciplinar del estudiante de licenciatura en Física de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, es esencial la comprensión y análisis de los conceptos de colisión y desintegración de partículas relativistas y las leyes de conservación que los rigen, estas se encuentran inmersas dentro del área de física moderna y mecánica cuántica, asignaturas del núcleo obligatorio pertenecientes al plan de estudios de 7° y 8° semestre, los contenidos mencionados resultan desafiantes debido a su naturaleza abstracta y compleja, por ende emerge la necesidad de brindar herramientas que dinamicen y afiancen la interpretación, análisis y por consiguiente la fijación memorística de dichos conceptos, que con ayudas visuales e interactivas como los Objetos Virtuales de Aprendizaje. Los recursos educativos digitales, como los Objetos Virtuales de Aprendizaje, son diseñados para facilitar y mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje a través de herramientas tecnológicas interactivas, su uso pertinente y eficiente permite desarrollar conceptos básicos, competencias actitudinales, cognitivas y habilidades que despliegan el trabajo autónomo dentro de diferentes áreas de conocimiento. Proporcionan una mayor flexibilidad en la enseñanza y aprendizaje. Para esto, se diseña un objeto virtual de aprendizaje mediante el modelo instruccional ADDIE: (Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluación) este, lleva un modelo constructivista que muestra las interacciones de colisiones y decaimiento entre partículas constituidas por las primeras generaciones de modelo estándar y que dan partida a las simetrías SU(3), los hadrones; tomando como punto de partida los experimentos de cámaras de burbujas como herramienta que ayuda a solventar dicha naturaleza abstracta, Este trabajo contempla las dos primeras etapas del modelo ADDIE.

**Palabras clave:** enseñanza; constructivismo; aprendizaje significativo; objeto virtual de aprendizaje; física de partículas; física teórica; leyes de conservación; hadrones; colisiones; decaimientos; cámara de burbujas.

# Design of virtual learning object (OVA) for the analysis of conservation laws in hadron collisions.

## Abstract

For the disciplinary training of the undergraduate student in Physics at the Francisco José de Caldas District University, it is essential to understand and analyze the concepts of collision and disintegration of relativistic particles and the conservation laws that govern them, these are immersed within the area of modern physics and quantum mechanics, mandatory core subjects belonging to the 7th and 8th semester curriculum, the aforementioned contents are challenging due to their abstract and complex nature, therefore the need emerges to provide tools that energize and strengthen the interpretation, analysis and therefore the memory fixation of said concepts, which with visual and interactive aids such as Virtual Learning Objects (OVA) provide greater flexibility in teaching and learning. For this, a virtual learning object is designed using the ADDIE instructional model: (Analysis, Design, Development, Implementation and Evaluation) which has a constructivist model that shows the interactions of collisions and decay between particles constituted by the first generations of the model. standard and that give rise to the SU(3) symmetries, the hadrons; Taking bubble chamber experiments as a starting point as a tool that helps solve this abstract nature, this work contemplates the first two stages of the ADDIE model.

**Keywords:** *teaching; constructivism; meaningful learning; virtual learning object; particle physics; theoretical physics; conservation laws; hadrons; collisions; decays; bubble chamber.*

## 1. Introducción.

En el mundo de la educación superior, la enseñanza y el aprendizaje de conceptos en áreas tan complejas como la física moderna y la mecánica cuántica a menudo presentan desafíos significativos. Los conceptos de colisión, desintegración de partículas relativistas y leyes de conservación son fundamentales en estas disciplinas, pero su naturaleza abstracta y compleja puede dificultar su comprensión completa, Clavijo, et, al (2019). Este desafío se vuelve aún más relevante cuando se dirige a una población de estudiantes avanzados,

como los del noveno semestre de la Licenciatura en Física de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas (U.D.F.J.C.).

En respuesta a esta necesidad educativa, este proyecto tiene como objetivo diseñar e implementar un objeto virtual de aprendizaje (OVA) que facilite a los estudiantes de noveno semestre de licenciatura en física de la U.D.F.J.C. el análisis e interpretación de las trazas resultantes de colisiones y decaimientos de hadrones registrados en cámaras de burbujas. Los OVAs son herramientas pedagógicas poderosas que ofrecen una mayor flexibilidad en la enseñanza y el aprendizaje al proporcionar ayudas visuales e interactivas Medina (2016).

El proceso de desarrollo de este OVA se llevará a cabo siguiendo el modelo instruccional ADDIE, que consta de las etapas de Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluación. Este enfoque garantiza que el OVA sea efectivo y se adapte a las necesidades específicas de los estudiantes y el plan de estudios. Cepeda et al. (2015).

Además, se hace hincapié en la importancia de utilizar recursos tecnológicos para crear simulaciones que permitan a los estudiantes explorar y comprender de manera más profunda los aspectos fundamentales de las interacciones en colisiones y decaimientos de partículas. Esta herramienta educativa busca facilitar el autoaprendizaje y el aprendizaje en línea, lo que significa que los estudiantes pueden acceder a ella en cualquier momento y lugar, brindándoles flexibilidad en su proceso de aprendizaje. (Pea y Davis, 2008).

El enfoque pedagógico del constructivismo, basado en la idea de que el conocimiento previo es fundamental para construir nuevo conocimiento de manera significativa, respalda la formulación y diseño del contenido del OVA. Se busca que los estudiantes utilicen su conocimiento intuitivo como punto de partida para conectar, categorizar y clasificar la nueva información, logrando así un aprendizaje profundo y significativo. Castro et al (2006).

## 2. Materiales y métodos

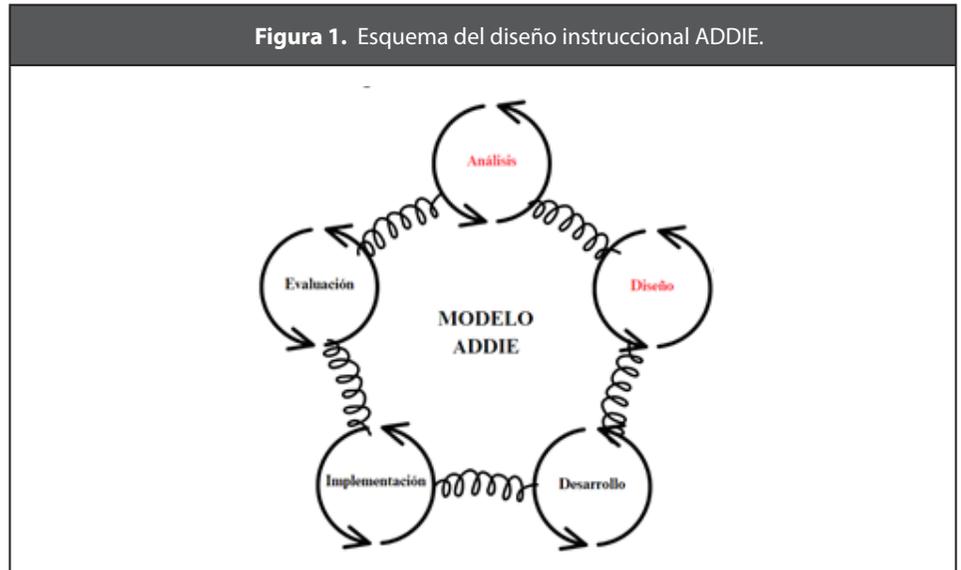
El presente estudio es un diseño educativo aplicado que pretende facilitar la forma de comprender conceptos de la física moderna y cuántica desde los objetos virtuales de aprendizaje debido a la naturaleza abstracta de interpretación y donde se pretenda no hallar una única solución sino una herramienta útil en donde sus procesos se desarrollen de forma fructífera. Tamayo (2015).

Para el análisis de datos se asume un enfoque de tipo cuantitativo que se lleva a cabo mediante entrevista cerrada teniendo en cuenta la relación de contextos en las temáticas que genere una diversidad de preguntas y permitan incentivar la participación activa de los estudiantes a evaluar.

### *2.1. Modelo ADDIE*

La metodología adoptada en el presente trabajo se basa en el modelo de diseño instruccional ADDIE desarrollando un objeto virtual de aprendizaje (OVA) enfocado al análisis teórico de las leyes de conservación en colisiones y decaimientos de hadrones, este, se presenta como una herramienta virtual que pretenda facilitar a los estudiantes de noveno semestre del programa de Licenciatura en Física de UDFJC la interpretación de las interacciones de colisiones y decaimientos de partículas relativistas desde los resultados obtenidos en los experimentos de cámara de burbujas. Dicho OVA se diseña como herramienta que dinamiza y afianza la comprensión de las bases conceptuales pertenecientes física moderna y mecánica cuántica, este diseño se hará mediante la plataforma eXeLearning; plataforma que brinda recursos didácticos virtuales proporcionando un acercamiento visual, dinámico y una claridad en los conceptos anteriormente mencionados. Morales (2017)

El modelo instruccional ADDIE consiste de 5 Fases: Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluación.



Cada una de las fases que componen el modelo tiene la importancia para llegar al desarrollo del contenido educativo del mismo, en primera instancia se analiza las necesidades del estudiante pasando por la solución de la problemática mediante un diseño y desarrollo del modelo y por último la aplicación a la solución de dicha necesidad.

Para el diseño y creación del OVA se corresponde tres elementos importantes:

- 1) La componente didáctica se llega a generar contenido visual ilustrativo para el reconocimiento de las interacciones entre partículas.
- 2) Prueba de conocimiento o actividad que se establece en cada sección del ova para garantizar el aprendizaje significativo.
- 3) Contenido explicativo que sintetiza la temática expuesta y a trabajar dentro del objeto virtual.

Claramente estas tres componentes van a estar ligadas a la componente pedagógica del trabajo que es el constructivismo, en esta llegamos a: que el estudiante reconoce los elementos o herramientas bien sean tecnológicas y virtuales para construir sus propios

procesos, rutas y contenidos a partir del objeto virtual enfocado a la colisión y decaimiento de hadrones. Correa (2010). El estudiante asocia, reajusta y reconstruye los contenidos, cuando participa y sistematiza, valorando y relacionando: los contenidos, la metodología, las actividades de aprendizaje, la mecanización y aplicación hasta finalmente lograr una evaluación del contenido incorporado en el OVA. Castrillón (2011).

### *2.3. Fase de Análisis*

Se desarrolla una caracterización de la población con el fin de identificar el contexto académico particularmente de las áreas vinculadas y las necesidades formativas del estudiante que puedan incidir en el proceso de enseñanza aprendizaje.

### *2.4. Fase de Diseño*

Se plantea el OVA respondiendo a ciertos principios didácticos enmarcados al esquema y desarrollo del tema, en esta etapa se explora en detalle el esquema de presentación del OVA, el diseño de enlaces y la interfaz que tendrá el sitio para interactuar con el comportamiento de los estudiantes.

Es necesario considerar dentro de esta fase las ideas claras de los materiales que se desarrollarán, las áreas de los contenidos, el guión gráfico, el contenido que se compone de texto, audio y video, el contenido de las simulaciones y los lenguajes de programación.

### *2.5. Fase de Desarrollo*

El propósito de esta fase es generar y validar los recursos de aprendizaje, necesarios durante la implementación del OVA, esta etapa selecciona las herramientas y el software utilizados en la aplicación de diseño de la etapa anterior, y aquí es donde el contenido y los recursos comenzarán a entrelazarse a través del desarrollo del tema, es este caso las herramientas correspondientes se emplearán para el desarrollo de la interfaz del objeto virtual de aprendizaje y la construcción de las simulaciones.

Es importante tener en cuenta que durante la fase de desarrollo se tendrá en cuenta la implementación de varias herramientas sin que se haga necesario el uso restringido de alguna de ellas. El uso dependerá del desarrollo y necesidades que surjan durante el proceso.

### *2.6. Fase de Implementación*

En el modelo ADDIE la fase de implementación se asegura que el OVA se distribuya a los destinatarios apropiados, en este caso el enfoque poblacional del proyecto se lleva a cabo a los estudiantes de noveno semestre de la licenciatura en física de la universidad distrital, en la fase de implementación es importante resaltar el uso de manera efectiva del objeto virtual, presentación de interfaz y desarrollo de las actividades propuestas de los ejes temáticos que lo complementan.

### *2.7. Fase de Evaluación*

La evaluación dentro del proceso de diseño y desarrollo prueba los resultados del aprendizaje significativo que se llega con el OVA, la metodología de esta intervención es de tipo cuantitativo y se lleva a cabo mediante entrevista teniendo en cuenta la relación de contextos que genere una diversidad de preguntas y permitan incentivar la participación activa de los estudiantes a evaluar.

La evaluación del aprendizaje significativo se dará un enfoque educativo que centra en la construcción de conocimientos nuevos a partir de experiencias y conocimientos previos, la evaluación de este tipo de aprendizaje se dará a partir de una entrevista implica diseñar preguntas a partir de problemáticas que permitan al alumno demostrar que ha comprendido y aplicado los conceptos y habilidades clave que se explican dentro del Objeto Virtual. Ausubel (1968).

### 3. Resultados

#### *3.1. Análisis del Objeto Virtual a partir del modelo ADDIE*

En relación al diseño del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA), se detallarán las etapas del modelo ADDIE, lo que permitirá visualizar el proceso seguido durante la creación del OVA, incluyendo la planificación de las actividades y cómo se relacionan con la secuencia de tareas que los estudiantes deben abordar.

#### *3.2. Fase de Análisis:*

El inicio de esta fase se da mediante la descripción poblacional de los estudiantes a quien va dirigido el objeto virtual y a quienes se quiere facilitar los temas respecto a las leyes de conservación en colisión de hadrones a partir de una secuencia de explicaciones en los conceptos base de la física de partículas, haciendo uso de herramientas didácticas con simulaciones y actividades dentro del mismo, en este se tiene como personaje principal a los estudiante del proyecto curricular de licenciatura en física de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas y en específico a quienes estén cursando el noveno semestre del pregrado con el plan de estudio número 339.

Este enfoque surge a partir de las temáticas vistas en semestres pasados con la dinámica de las partículas relativistas en relatividad especial; tema presente en el Syllabus de la universidad en el curso de física moderna, tras la naturaleza abstracta de comprender interacciones de colisiones y decaimientos entre partículas desde las leyes de conservación de energía, momento, carga, número bariónico y la falta de aproximaciones experimentales desde la práctica, por ello se recurre a encontrar la solución mediante un objeto virtual de aprendizaje usando como herramienta visual los experimentos de las cámaras de burbujas y simulaciones en donde se pretenda superar dicha dificultad. El énfasis educativo presente en el trabajo se fundamenta bajo el constructivista debido a que se genera una herramienta para que el estudiante obtenga soluciones

con conocimientos previos y logrando un desempeño desde el aprendizaje significativo.

Es necesario tener dentro de la fase de análisis lo Conocimiento previos del estudiante para ello se hace énfasis desde el plan de estudios 399 del proyecto curricular de licenciatura en física, considerando desde de las asignaturas obligatorias: Mecánica Clásica I (Segundo Semestre), Mecánica Clásica II (Tercer Semestre), Electricidad y Magnetismo (Quinto Semestre), Termodinámica (Sexto Semestre), Física Moderna (Séptimo Semestre), Mecánica Teórica (Séptimo Semestre), Mecánica Cuántica 1 (Octavo Semestre), Principio de Electrodinámica Clásica (Octavo Semestre) cada una de estas asignaturas previas por el estudiante ayuda a garantizar una contextualización y reconocimiento de los conceptos básicos que se exponen en el objeto virtual, la solución de actividades, comprensión de simulaciones y el aprendizaje significativo desde el constructivismo.

### *3.3. Fase de Diseño:*

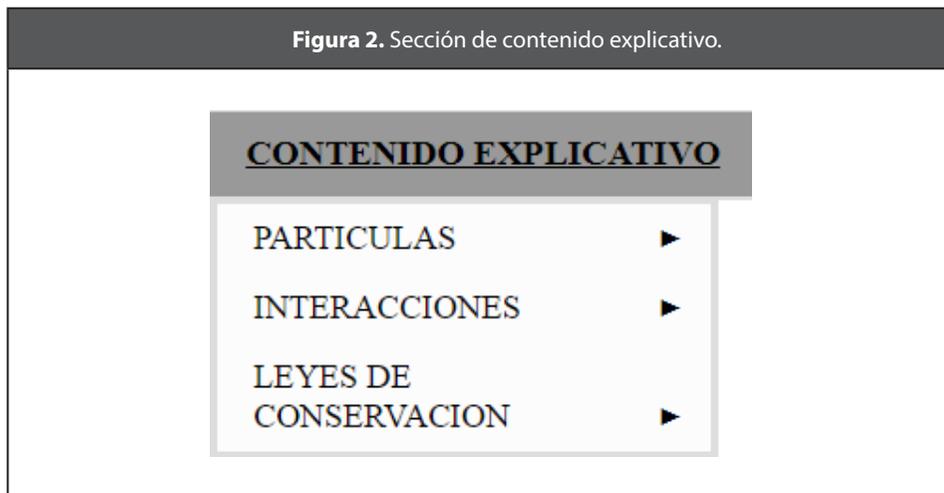
Concretamente en la fase de diseño se determina las temáticas, actividades, recursos y demás herramientas que están establecidas dentro del desarrollo objeto virtual de aprendizaje, dentro de este contexto se ha optado por dividir el la fase de diseño en tres secciones:

- Contenido Explicativo.
- Contenido Interactivo.
- Contenido Evaluativo.

### *3.4. Contenido Explicativo*

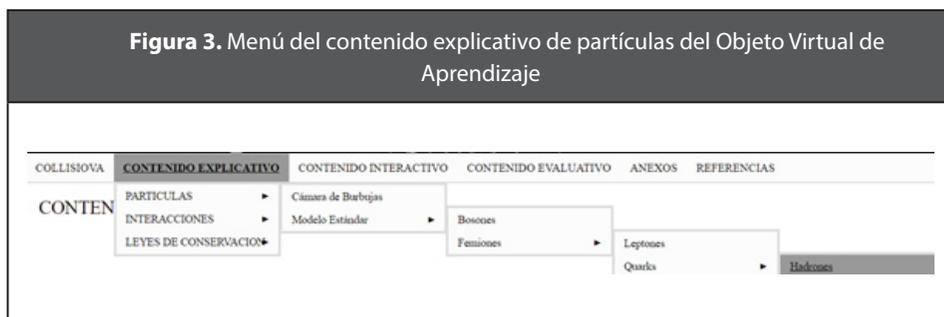
Bajo los objetivos específicos de este proyecto se llega a plantear una sección completa donde el estudiante comprenda y determine cuales son los elementos teóricos que rigen las leyes de conservación en las interacciones entre partículas bajo los criterios experimentales de la cámara de burbujas y recuerde las temáticas vistas en los

cursos anteriores de física moderna y mecánica cuántica. Dentro del contenido explicativo estará situado el orden secuencial del objeto virtual y con este se seguirá un esquema de progreso establecido para obtener un desarrollo satisfactorio de aprendizaje.



El contenido explicativo estará dividido en las temáticas que dejen entrar en contexto al estudiante, además poder entender quiénes son, qué hacen y cuáles son sus características, hablando netamente de las partículas elementales.

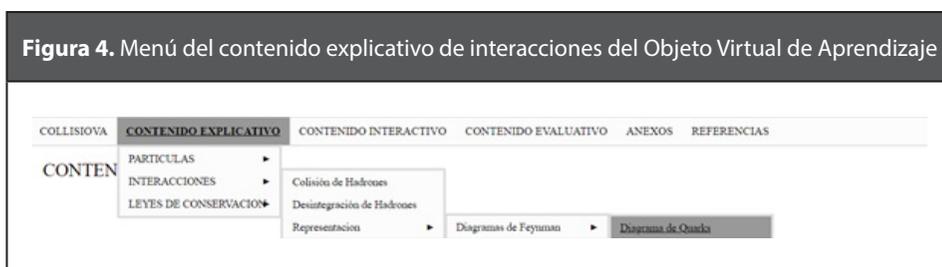
### 3.5. Partículas:



El contenido de esta sección de partículas abarca en principio la historia de las partículas elementales desde los descubrimientos en el

siglo XIX hasta la formulación del modelo estándar XX. Cobián (2018). Este recorrido histórico se realiza con un video explicativo desde la plataforma VideoScribe. Seguido de un esquema de funcionamiento de la cámara de burbujas, experimento el cual se basa el proyecto como herramienta visual, en este contenido se toma la explicación del funcionamiento con ayuda de audios que proporciona la plataforma Exe-learning y simulaciones desde Processing en donde se muestre similitud a los registros (trazas de las partículas) experimentales en las cámaras de burbuja. Posteriormente para introducir a los hadrones y sus propiedades desde el modelo estándar se realiza un proceso didáctico desde los juegos iDevice de Exe-learning.

### 3.6. Interacciones:

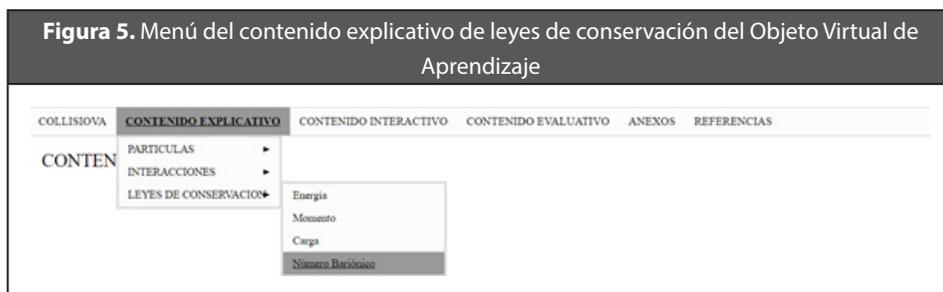


Dentro del contenido explicativo se contiene una segunda sección en la realización de objeto virtual, las interacciones resultan responder el que hacen las partículas elementales dentro de los procesos experimentales de las cámaras de burbujas, en este a su respuesta está situaba bajo las teorías de colisiones y decaimientos específicamente hadrones, estas interacciones dan paso al poder abarcar gran parte de teoría de conservación y energía tanto de la teoría clásica y por supuesto de la relativista que es en este caso la que trabaja dentro del objeto virtual, allí los tipos de colisiones jugarán un papel importante y es hacer que el estudiante reconozca en primera instancia la diferencia de conservación de las colisiones y decaimientos, en dicha sección se reconocerá las interacciones de tres formas diferentes.

- Interacciones Pegajosas, Describe la interacciones de dos partículas por separado antes de colisionar, y después de hacerlos quedar unidas en una sola  $A+B\rightarrow C$ .
- Interacciones Explosivas, Describe la interacción de una partícula antes que decaiga en dos o más  $A\rightarrow B+C$ .
- Interacciones Elásticas, Describe la interacciones de dos partículas antes y dos partículas después de la colisión  $A+B\rightarrow C+D$ . Iglesias (2023).

Inicialmente cada una de las interacciones se describe desde las representación de árbol de los diagramas de Feynman y los diagramas de Quarks, de esta manera se introduce los diagramas a partir de el juego Tarjetas de Memoria desde el componente iDevice de Exelearning, teniendo en cuenta que el objetivo es dar camino de reconocer las interacciones y desde simulaciones realizadas en Processing se detalla los tres tipos de interacciones.

### 3.7. Leyes de conservación



Dentro del contenido explicativo las leyes de conservación de Energía, Momento, Carga y Número Bariónico se trabajará con ejemplos de colisiones y decaimientos de partículas en cada una de las conservaciones se establece cuatro ejemplos diferentes, en donde, los dos primeros serán parte de la explicación solución del mismo y los otro dos ejemplos ya serán solución del estudiante.

### 3.8. Contenido Interactivo

En cada sección del contenido explicativo, propone una actividad en donde se pretende llevar a cabo el manejo e interpretación de los conceptos adquiridos y que se presentan en la (Tabla 1).

**Tabla 1.** Propósito de cada actividad en el contenido explicativo dado.

Contenido Explicativo	Actividad	Propósito
Partículas	Actividad #1	Tarea 1: Identifica el funcionamiento de la cámara de burbujas y las trazas realizadas por las partículas.
		Tarea 2: Caracteriza las propiedades que definen los tipos de partículas dentro del modelo estándar (Carga, Masa y Spin)
		Tarea 3: Caracteriza las propiedades de los Hadrones, como conjunto de los Mesones y Bariones.
Interacciones	Actividad #2	Tarea 1: Caracteriza decaimientos y los tipos de colisiones entre partículas
		Tarea 2: Representa interacciones de hadrones bajo los diagramas de Feynman y diagramas de quarks.
Leyes de Conservación	Actividad #3	Tarea 1: Define la posibilidad de existencia de interacciones a partir de las leyes de conservación de la energía y momento.
		Tarea 2: Define la posibilidad de existencia de interacciones a partir de la conservación de la carga y el número bariónico.

### 3.9. Partículas, Actividad #1

La primera actividad está compuesta por dos tareas, la tarea 1 se basa en el propósito de que el estudiante mediante la solución del iDevice QuExt, este juego consiste en seleccionar una respuesta tras haber presentado un video, una imagen, un texto o una simulación con una pregunta relacionada a ella, para esta tarea se tiene en cuenta aclarar las partes de una cámara de burbujas, sus funciones y además el comportamiento de las partículas las trayectorias que

toman las cargas positivas, cargas negativas y cargas neutras en presencia de campos magnéticos.

La tarea 2 consiste en poder caracterizar las propiedades de las partículas elementales en cada generación del modelo estándar, esto conlleva a tener un manejo y conocimiento de las 3 generaciones de partículas, tipos de partículas entre bosones y fermiones, quark y leptones, la carga, la masa y el espín de las mismas. Esta tarea será realizada con el iDevice Rosco, un juego particular en donde el estudiantes dada la definición de una palabra se le solicite la propia palabra en orden alfabético. Lozano (2021).

La tarea 3 se trabaja mediante los conceptos de bariones y mesones, y se desarrolla con el juego QuExt al igual que se explica en la tarea 1.

### ***3.10. Interacciones, Actividad #2***

En la sección de interacciones se contiene la Actividad #2, la cual consta de dos tareas en donde de manera didáctica se representa el contenido explicativo de las colisiones decaimiento y representaciones de las interacciones.

La Tarea 1 está orientada a la caracterización de los tipos de colisiones, decaimientos y las condiciones para que alguna de estas interacciones se den dentro de un sistema de partículas, para este se desarrolla preguntas que deban ser resueltas con falso y verdadero, este esquema interactivo se encuentra en Exelearning en el iDevice de actividades interactivas.

La Tarea 2 de esta segunda actividad relaciona el contenido educativo de los diagramas de feynman y diagramas de quarks, a partir del juego VideoQuExt, este consiste en seleccionar la respuesta correcta a una pregunta que se plasme en el video mediante se avance en el mismo, para este se debe tener en cuenta los decaimiento de bosones y quarks, por lo tanto antes de comenzar la tarea se le dan herramientas al estudiante par poder solucionarla.

### ***3.11. Leyes de Conservación, Actividad #3***

Desde el contenido explicativo se plasman las leyes de conservación para el análisis de los resultados de las cámaras de burbujas, en esta desde la sección interactiva se divide en dos tareas mediante juegos de Exelearning.

La Tarea 1 consiste en definir si una interacción dada bien sea una colisión o un decaimiento entre hadrones puede llevarse a cabo,, esta definición por parte del estudiante se realiza a con el iDevice selecciona, en ella se plasma una imagen con una interacción entre hadrones con cuatro opciones de respuesta (a) se conserva la carga, (b) se conserva el número bariónico, (c) no se conserva la carga y (d) no se conserva el número bariónico, a partir de ello se determina si la colisión puede realizarse bajo estas dos conservaciones.

En la Tarea 2 define si una colisión es posible generarse bajo la conservación de energía y momento comparando la energía mínima de una partícula al colisionar con otra en reposo a partir de los resultados experimentales de las energías incidentes de las partículas en las cámaras de burbujas, esta tarea se realiza desde actividades interactivas de exelearning con actividad desplegable, en ella mediante una serie de oraciones el estudiante debe seleccionar la palabra o el valor adecuado para completar de manera correcta y adecuada la misma.

### ***3.12. Contenido Evaluativo***

Dentro del diseño del objeto virtual de aprendizaje el contenido evaluativo da como primera medida en el análisis y medida del aprendizaje significativo para la fase evaluativa en el modelo ADDIE, para este contenido el estudiante debe desarrollar un cuestionario desde Google Forms, la estructura del cuestionario será de elección múltiple de única respuesta, contiene 5 preguntas donde el estudiante se contextualice con una situación problema a partir las temáticas explicativas de las leyes de conservación en colisión de hadrones dejando en tanto la solución de las preguntas a manera conceptos base y dejando a un lado el formalismo matemático; centrando como base el aprendizaje significativo dentro del constructivismo.

Como segunda medida del contenido evaluativo se tiene un formulario adicional para evaluar y valorar el diseño, desarrollo e implementación del objeto virtual de aprendizaje, este formulario se realiza en forma de entrevista cerrada, evaluando de 1 a 5 donde 5 es la máxima calificación y 1 la mínima calificación, en donde se valuar diferentes criterios que se trabajaron y que es de importancia para la fase evaluativa del proyecto y registrar observaciones futuras de mejora para el mismo.

### 3.13. Diseño de Interfaz

El diseño de la interfaz inicial (Figura 6) está dada por el contenido explicativo, interactivo y evaluativo principal que se describió con anterioridad, la pestaña inicial COLLISIOVA es el nombre del objeto virtual y en ella se describe el objetivo principal y posteriormente un video alusivo a la forma correcta de llevar a cabo este OVA, las últimas dos pestañas ANEXOS Y REFERENCIAS, muestran información y contenido que resultado de las temáticas.



La adaptación de este espacio está inspirada en los registros de las emulsiones fotográficas de las cámaras de burbujas con un fondo escuro en su forma acompañado de imágenes representativas y que estarán contenidas en el mismo recorrido. Guzmán (2022).

### *3.14. Discusión, o resultados y discusión*

La creación de un objeto virtual de aprendizaje para el análisis de las leyes de conservación en colisiones de hadrones mediante un modelo instruccional ADDIE se presenta como un proceso detallado y estructurado. A continuación, se discuten los resultados de las fases de análisis y diseño de este objeto virtual de aprendizaje.

En la fase de análisis, se comienza por identificar el público objetivo, que en este caso son los estudiantes del proyecto curricular de licenciatura en física de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, específicamente aquellos que cursan el noveno semestre del pregrado. Esta elección se basa en la necesidad de facilitar la comprensión de las leyes de conservación en colisiones de hadrones, que es una temática avanzada.

El enfoque educativo se basa en el constructivismo, lo que significa que se pretende que los estudiantes utilicen sus conocimientos previos para construir un entendimiento significativo de la materia. Los conocimientos previos se derivan de asignaturas obligatorias del plan de estudios del proyecto curricular, lo que garantiza una contextualización y reconocimiento de los conceptos básicos necesarios para el objeto virtual.

En la fase de diseño, se dividen las temáticas, actividades y recursos en tres secciones:

**Contenido Explicativo:** Esta sección busca que los estudiantes comprendan los elementos teóricos que rigen las leyes de conservación en las interacciones de partículas, utilizando la cámara de burbujas como herramienta visual. Se aborda la historia de las partículas elementales, el funcionamiento de la cámara de burbujas y las propiedades de los hadrones. Se utiliza una variedad de medios, como videos explicativos, audios, simulaciones y juegos, para presentar esta información de manera efectiva.

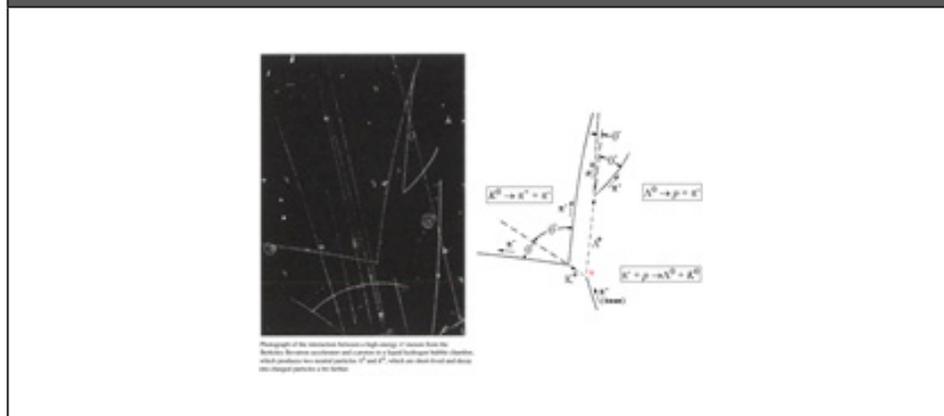
**Contenido Interactivo:** Cada sección del contenido explicativo propone actividades interactivas que permiten a los estudiantes aplicar los conceptos aprendidos. Estas actividades están diseñadas para ayudar a los estudiantes a manejar e interpretar los conceptos adquiridos, como la identificación de las trazas en la cámara de

burbujas y la representación de interacciones de partículas mediante diagramas de Feynman y diagramas de Quarks.

Contenido Evaluativo: El contenido evaluativo se centra en medir el aprendizaje significativo de los estudiantes. Esto se logra a través de un cuestionario en Google Forms que presenta situaciones problema relacionadas con las leyes de conservación en colisiones de hadrones. Las preguntas se enfocan en conceptos clave sin utilizar formalismos matemáticos. Además, se incluye un formulario de retroalimentación para evaluar el diseño, desarrollo e implementación del objeto virtual de aprendizaje.

### 3.15. Resultado de aprendizaje

**Figura 7.** Registro de cámara de burbujas, ejemplo dentro del OVA. Tomada de Cloudy Labs, 2019, energía de conservación y momento, fotografía y esquema, <https://www.cloudylabs.fr/wp/decays-of-particles/>.



Dentro del resultado de aprendizaje esperado con el objeto virtual se llega al entendimiento de las leyes de conservación en colisión de hadrones mediante la herramienta visual propuesta como lo es la cámara de burbujas, para esta y como ejemplo se puede visualizar en un ejemplo (Figura 7) uno de los resultados de colisión entre mesón y un protón en cámara de burbujas Bevatron Berkeley junto con el decaimiento de partículas y .

**Tabla 2.** Resultado de aprendizaje dentro del marco del análisis de las leyes de conservación en colisión de hadrones.

<i>Interacción</i>	<i>Conservación de número bariónico, carga y extrañeza</i>	<i>Conservación de Energía</i>	<i>Diagrama de feynman</i>																					
<i>Colisión</i>	$\pi^- (d\bar{u}) + p (uud) \rightarrow K^0 (d\bar{s}) +$ <table border="1"> <tr> <td><i>B</i></td> <td>0</td> <td>+</td> <td>1</td> <td><math>\rightarrow</math></td> <td>0</td> <td>+</td> </tr> <tr> <td><i>Q</i></td> <td>(-1)</td> <td>+</td> <td>1</td> <td><math>\rightarrow</math></td> <td>0</td> <td>+</td> </tr> <tr> <td><i>S</i></td> <td>0</td> <td>+</td> <td>0</td> <td><math>\rightarrow</math></td> <td>1</td> <td>+</td> </tr> </table>	<i>B</i>	0	+	1	$\rightarrow$	0	+	<i>Q</i>	(-1)	+	1	$\rightarrow$	0	+	<i>S</i>	0	+	0	$\rightarrow$	1	+	$E_{\pi^-} = \frac{(m_{K^0} + m_{\Lambda^0})^2 - m_{\pi^-}^2 - m_p^2}{2 \cdot m_p} \cdot c^2$	
<i>B</i>	0	+	1	$\rightarrow$	0	+																		
<i>Q</i>	(-1)	+	1	$\rightarrow$	0	+																		
<i>S</i>	0	+	0	$\rightarrow$	1	+																		
<i>Decaimiento</i>	$\Lambda^0 (uds) \rightarrow p (uud) + \pi^- (d\bar{u})$ <table border="1"> <tr> <td><i>B</i></td> <td>1</td> <td><math>\rightarrow</math></td> <td>1</td> <td>+</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td><i>Q</i></td> <td>0</td> <td><math>\rightarrow</math></td> <td>1</td> <td>+</td> <td>(-1)</td> </tr> </table>	<i>B</i>	1	$\rightarrow$	1	+	0	<i>Q</i>	0	$\rightarrow$	1	+	(-1)	$E_{\pi^-} = \frac{m_{\Lambda^0}^2 - m_{\pi^-}^2 + m_p^2}{2 \cdot m_{\Lambda^0}} \cdot c^2$ $E_p = \frac{m_{\Lambda^0}^2 - m_p^2 + m_{\pi^-}^2}{2 \cdot m_{\Lambda^0}} \cdot c^2$										
<i>B</i>	1	$\rightarrow$	1	+	0																			
<i>Q</i>	0	$\rightarrow$	1	+	(-1)																			

*Interacción:* La primera columna de la tabla 2 se enfoca en identificar el tipo de interacción que ocurre en un sistema de partículas. Esto implica distinguir si se trata de una colisión o un decaimiento. Los estudiantes deberán reconocer y diferenciar estos dos escenarios. Cárdenas (2007)

*Conservación de Número Bariónico, Carga y Extrañeza:* En la segunda columna, se aborda la conservación de propiedades fundamentales en el ámbito de las partículas subatómicas. Moreira (2009). Los estudiantes deben comprender y aplicar los principios de conservación del número bariónico, carga y extrañeza en el contexto de las interacciones de partículas. Esto implica reconocer cuándo estas propiedades se conservan o se modifican durante las interacciones. Sánchez(2021)

*Conservación de la energía y momento:* La tercera columna se centra en la expresión matemática necesaria para calcular la energía mínima requerida para generar una interacción específica. Esta expresión se deriva a través de la conservación de la energía y el momento en el proceso de colisión o decaimiento. Los estudiantes

deben ser capaces de formular y aplicar estas expresiones para determinar la energía mínima involucrada en una interacción dada. Griffiths (2008)

*Representación de la Interacción en Diagramas de Feynman y de Quarks:* En la última columna, se aborda la representación gráfica de la interacción. Los estudiantes deben ser capaces de utilizar diagramas de Feynman y diagramas de Quarks para visualizar y describir cómo se desarrolla una interacción particular entre partículas. Estos diagramas son herramientas fundamentales en la física de partículas y ayudan a comprender los procesos subyacentes a nivel subatómico. Olivos (2021)

#### 4. Conclusión

La creación de ambientes educativos que combinan un sólido apoyo tecnológico y el aprovechamiento de herramientas digitales, como los Objetos Virtuales de Aprendizaje (OVAs), en la enseñanza de la física teórica y la física de partículas, no solo enriquece la experiencia de aprendizaje, sino que también se alinea de manera efectiva con los principios del constructivismo. Este enfoque pedagógico postula que el conocimiento no se transmite pasivamente, sino que se construye activamente a través de la interacción con el entorno y la manipulación de conceptos y estructuras cognitivas preexistentes.

Al adoptar esta perspectiva, los OVAs proporcionan a los estudiantes la oportunidad de explorar y comprender los conceptos de la física de manera más activa. Estos recursos no solo presentan información, sino que también fomentan la resolución de problemas, la experimentación y la reflexión. Los estudiantes participan en la construcción de su propio conocimiento, lo que facilita un aprendizaje significativo.

Se destaca la aplicación práctica de conceptos teóricos base de la física de partículas mediante el modelo ADDIE que brindó a la investigación un método sistemático y organizado abarcando el análisis, la diseño, el desarrollo, la implementación y la evaluación del recurso educativo, este método en la exposición de conceptos, la aplicación del OVA y la evaluación del aprendizaje condujo a una

comprensión más profunda y una valoración más completa de los principios físicos fundamentales en los estudiantes presentada en los resultados del análisis cuantitativo y resultados de evaluación en el aprendizaje significativo, que además lograron cultivar habilidades de análisis crítico al interpretar datos experimentales y extraer conclusiones no solo sobre el fenómeno de interacciones entre hadrones en las cámaras de burbujas si no en la proposición de posibles mejoras en proyectos de este tipo como la claridad en las instrucciones y orientación en el simulador, la organización del contenido, adecuación del nivel de dificultad y mejoras en la experiencia del usuario en diferentes dispositivos.

## 5. Referencias

- Ausubel, D. (1983) *Teoría del aprendizaje significativo*. Fascículos de CEIF, 1(1-10), pp. 1-10.
- Cárdenas Ramírez, H.J. (2007) *Procesos de colisión en partículas elementales*.
- Castellanos Altamirano, H. y Rocha Trejo, E.H. (2020) 'Aplicación de ADDIE en el proceso de construcción de una herramienta educativa distribuida b-learning', *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*.
- Castrillón, E.P. (2011) 'Propuesta de metodología de desarrollo de software para objetos virtuales de aprendizaje-MESOVA', *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, (34), pp. 113-137.
- Castro, E., Peley, R. y Morillo, R. (2006) 'La práctica pedagógica y el desarrollo de estrategias instruccionales desde el enfoque constructivista', *Revista de Ciencias Sociales*, 12(3), pp. 591-595.
- Cepeda, T. y Marisela, A. (2015) *Estudio Comparativo entre las Metodologías MDOA y ADDIE para la Elaboración de Objetos de Aprendizaje*. Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Clavijo, M.R., Walteros, A. y Cortés, C. (2019) 'La actividad experimental como una parte fundamental para la enseñanza de la física moderna: el caso de la mecánica cuántica', *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (45), pp. 191-206.
- Cobián, J. (2018) *El modelo estándar de la física de partículas*. Sociedad Nuclear.
- Correa Hernández, H. (2010) *Implementación de las herramientas tecnológicas en el mejoramiento de la comprensión lectora en la institución educativa Felix Henao Botero del municipio de Medellín*.
- Griffiths, D. (2008) *Introduction to Elementary Particles*. Addison-Wesley Professional.
- Guzmán, C.F.G., Zambrano, O.A.R., Rivadeneira, D.X.R. y Toledo, J.A.J. (2022) 'Metodología ASSURE como desarrollo de ambientes de aprendizaje con OVA en laboratorios de física mecánica', *FACE: Revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales*, 22(1), pp. 178-197.
- Iglesias, J.C. y Rulli, J. (2023) *Colisiones*.

- Jones, G. (2008) *Introduction to the BC site. Bubble Chambers web site*. Disponible en: [https://hst-archive.web.cern.ch/archiv/HST2005/bubble\\_chambers/BCwebsite/index.htm](https://hst-archive.web.cern.ch/archiv/HST2005/bubble_chambers/BCwebsite/index.htm) (Consultado: el 6 de noviembre de 2023).
- Morales, L.G. (2017) 'Metodología para el diseño instruccional en la modalidad b-learning desde la Comunicación Educativa', *Revista Razón y Palabra*, 21(3\_98), pp. 32-50.
- Lozano, V. (2021) *Fortalecimiento de la competencia de razonamiento matemático a través del juego mediado por las TIC haciendo uso del RED eXeLearning en los estudiantes del grado octavo de la Institución Educativa José Hilario López del municipio de Campoalegre Huila*. Doctoral dissertation, Universidad de Cartagena.
- Medina, J.M.C., Medina, I.I.S. y Rojas, F.R. (2016) 'Uso de objetos virtuales de aprendizaje OVA como estrategia de enseñanza-aprendizaje inclusivo y complementario a los cursos teóricos-prácticos', *Revista educación en ingeniería*, 11(22), pp. 4-12.
- Morales-González, B., Edel-Navarro, R. y Aguirre-Aguilar, G. (2014) 'Modelo ADDIE (análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación): Su aplicación en ambientes educativos', en *Los modelos tecno-educativos, revolucionando el aprendizaje del siglo XXI*, pp. 33-46.
- Moreira, M.A. (2009) 'El modelo estándar de la física de partículas', *Revista Brasileña de Enseñanza de Física*, 31(1), p. 1306.
- Olivos Suárez, D. (2021) *Diseño e implementación de un módulo didáctico para la enseñanza-aprendizaje de la física de partículas para el grado once*. Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia.
- Particles in a Bubble Chamber* (2019) CloudyLabs. Recuperado de: <https://www.cloudylabs.fr/wp/wp-content/uploads/2019/06/Particles-in-a-Bubble-Chamber.pdf> (Consultado: el 6 de noviembre de 2023).
- Pea, R. y Davis, K. (2008) 'Using Media to Enhance Teaching and Learning', en *Handbook of Research on Educational Communications and Technology*, pp. 1-31.
- Rozo Fresno, M.A. (2020) *Propuesta para el aprendizaje de la semejanza de triángulos con el uso de GeoGebra a través del diseño de un OVA*.
- Sánchez Pérez, C. (2021) *Mesones K: extrañeza, interacción débil y violación CP*.
- Soria, A.F. (2015) *Física nuclear y de partículas*. Vol. 62. Universitat de València.
- Tamayo Cuenca, R. (2015) *Objetos virtuales de aprendizaje de Física Moderna para la carrera de Ingeniería Mecánica*.