



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA
NACIONAL

Educadora de educadores

Una propuesta didáctica mediada por las TIC para la enseñanza de los conceptos básicos en física de aceleradores aplicados en el LHC.

Oscar Javier Camargo Camargo

Universidad Pedagógica Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias y Tecnología, Departamento de Física, Sede Bogotá
Bogotá, Colombia

2017

Una propuesta didáctica mediada por las TIC para la enseñanza de los conceptos básicos en física de aceleradores aplicados en el LHC.

Oscar Javier Camargo Camargo

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Licenciado en Física

Director:

MSc. Néstor Fernando Méndez H.

MSc. Miguel Angel Morales Suarez

MSc. Alejandro Duque Pineda

Línea de Investigación:

Física y Matemáticas

Universidad Pedagógica Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias, Departamento de Física.

Bogotá, Colombia

2017

Dedicado:
A mis sobrinos y amigos.


Agradecimientos

Agradezco de forma muy especial a cada uno de los integrantes de mi familia, a María por su inmenso apoyo.

A mis amigos por su acompañamiento, paciencia y tolerancia durante todo este proceso académico y social.

A Miguel y Alejandro por su continuo apoyo, fraternal amistad y orientación.


Al profesor Néstor Méndez por la confianza depositada.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela de Pedagogía</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 1 de 5	

1. Información General	
Tipo de documento	Trabajo de grado
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	<i>Una propuesta didáctica mediada por las TIC para la enseñanza de los conceptos básicos en la física de los aceleradores aplicados al LHC.</i> (A didactic proposal mediated by the TIC for the teaching of the basic concepts in the physics of the accelerators applied to the LHC.)
Autor(es)	Camargo Camargo, Oscar Javier.
Director	Néstor Fernando Méndez H; Miguel Ángel Morales S; Alejandro Duque P.
Publicación	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional, 2017. 51 p
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	HADRÓN, FÍSICA, ACELERADOR DE PARTÍCULAS, FUENTES DE PARTÍCULAS, ACELERADOR, TIC, ANALOGÍAS, LHC

2. Descripción
<p>En este trabajo se presenta una propuesta didáctica para la enseñanza de los aceleradores aplicados al LHC (Large Hadron Collider por su sigla en inglés) en el nivel de escolaridad de educación media, en el colegio IED Cortijo Vianey dirigido a los estudiantes que hacen parte del club de ciencias. La estructura de la propuesta articula los conceptos básicos de la física de aceleradores, las TIC para la construcción de una web educativa basada en la modelación de fenómenos, y las analogías como estrategias de enseñanza. Al interior de la propuesta se tiene en cuenta la implicación del lenguaje de conceptos abstractos de la física de aceleradores; Los Objetos Virtuales de Aprendizaje OVA relacionados con las modelaciones multimedia, los textos, hipertextos y actividades de aprendizaje; y por último las diferentes representaciones analogías de fenómenos, elementos que convergen en el club de ciencias en un modelo denominado blended learning.</p>

3. Fuentes
<p>Trabajo de campo; Implementación de la WEB educativa. Bibliografía: treinta y siete referencias bibliográficas. [1] Wiedemman H. Particle accelerator physics. Springer, 2007, p. 47, 192,210,211,276, 3rd ed. [2] CERN. Overview schematic shows the four main experiments and the two ring structure of the lhc, Recuperado de: https://lhc-machine-outreach.web.cern.ch/</p>

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela de Pedagogía</small>	FORMATO
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE
Código: FOR020GIB	Versión: 01
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 2 de 5

lhc-machine-outreach/lhc_in_pictures.htm.

[3] Ostermann F. & Moreira M. Física contemporánea en la escuela secundaria: una experiencia en el aula involucrando formación de profesores. enseñanza de las ciencias. 2000.

[4] Concari S. Pozzo R. & Giorgi S. Un estudio sobre el rozamiento en libros de física de nivel universitario . Enseñanza de las ciencias (273- 280). 1999.

[5] González B. Las analogías en el proceso de enseñanza - aprendizaje de las ciencia de la naturaleza. Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado, 2002.

[6] Rivas. B. Un nuevo paradigma en educación y formación de recursos humanos. Caracas Venezuela. Arte S.A, 1996.

[7] Edward. D & Sypphers. M. An introduction to the physics of high energy accelerators. 1993.

[8] Lee. S. Accelerator Physics. World scientific edition, 1999.

[9] Wilsin E. An introduction to particle accelerators. 2001.

[10] Sarta J. El ciclotrón como fundamento de desarrollo científico. Ingeniería. Vol. 5 Núm. 1., 2000.

[11] Cortes.J. Principios físicos de los aceleradores de partículas (ap) y su aporteal desarrollo de la física de altas energías. Universidad pedagógica Nacional. Colombia., 2006.

[12] Osorio J. Prieto M. & Infante E. Implementación de las tic en la enseñanza de la física, factibilidad y eficacia en nuestro país. Ingeniería. Vol. 5 Núm. 1., 2011.

[13] Ramos. W. El uso de las tic y los diagramas de pensamiento en la enseñanza de la física. Góndola . Vol 4. Pp 6-8., 2009. 1998498, 2014 01 21.

[18] CPAN. El gran colisionador de hadrones (LHC). <https://www.i-cpan.es/es/content/elgran-colisionador-de-hadrones-lhc>.

[19] CERN. Atlas. Recuperado de:<http://cds.cern.ch/record/1997264>, 2012-2017.

[20] CERN. Cms. Recuperado de:<http://cds.cern.ch/record/1997263>, 2012 02 08.

[21] CERN. Alice. Recuperado de:<http://cds.cern.ch/record/1997265>, 2012 02 08.

[22] CERN. Lhcb. Recuperado de:<http://cds.cern.ch/record/1997262>, 2012 02 08.


[23] EDUTEKA. Estándares unesco de competencia en tic para docentes. Consultado el 14 de marzo de 2017. Recuperado de:<http://eduteka.icesi.edu.co/articulos/> Estandares Docentes Unesco, 2008.

[24] Riascos. S. Quintero D. & Ávila G. Las tic en el aula: percepciones de los profesores universitarios. Redalyc, Vol. 12, Núm. 3, pp. 133 157., diciembre, 2009.

[25] Rojano. T. Incorporación de entornos tecnológicos de aprendizaje a la cultura escolar: proyecto de innovación educativa en matemáticas y ciencias en escuelas secundarias públicas de México. La Revista Iberoamericana de Educación 33., 2006.

[26] Sánchez I. & Rojas F. Cabrera, J. Uso de objetos virtuales de aprendizaje ovas como estrategia de enseñanza “ aprendizaje inclusivo y complementario a los cursos teóricos “prácticos. una experiencia con estudiantes del curso física de ondas. Educación en Ingeniería, 11 (22), 4 12, 2016.

[27] Miranda.G. Delosambientesvirtualesdeaprendizajealascomunidadesdeaprendizaje

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela de Pedagogía</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 3 de 5	

en línea., pg 6. Revista Digital Universitaria ISSN: 1067-6079, 2004.

[28] López A. & otros. Ambientes virtuales de aprendizaje. Recuperado de: www.comunidades.ipn.mx/.../168ambientes%20virtuales%20de%20aprendizaje, 2009.

29] Azorín C. Integración pedagógica de wix en educación primaria. Revista de Medios y Educación, núm. 47, 163 177, 2015.

[30] Raviolo A. Ramírez P. & López E. Enseñanza y aprendizaje del concepto de modelo científico a través de analogías 581 612. 2010.

[31] Laborde G. Las analogías como estrategia en la enseñanza. Recuperado de: <http://www.uruguayeduca.edu.uy/Portal.Base/Web/VerContenido.aspx?ID=206145>, 2010.

[32] A.Ramírez P. López E. Raviolo, A. Aguilar. Dos analogías en la enseñanza del concepto De modelo científico Análisis de las observaciones de clase. Rev. electrón. investig. educ. cienc. vol.6 no.1 Tandil, 2011.

33] Aragón M. Bonat M. & otros. Las analogías como recurso didáctico en la enseñanza de las ciencias. Revista, Alambique 21, 1999.

[34] Alemany D. blended learning: modelo virtual-presencial de aprendizaje y su aplicación En entornos educativos. Departamento de Comunicación y Psicología Social Universidad de Alicante., 2007.

[35] Aiello M. & Cilia W. El blended learning como práctica transformadora. pixel-bit. Revista de Medios y Educación, 23, 21 26., 2004.

[36] Ardila. M. Modelo pedagógico b-learning. revista educación y desarrollo social, vol4, 38 55. 2010.

[37] Area. M. De los webs educativos al material didáctico web. Comunicación y pedagogía, Pp 32-38, 2003


4. Contenidos

Objetivo general: Diseñar una propuesta didáctica para la enseñanza de los conceptos básicos en física de aceleradores de partículas aplicados en el LHC.

Objetivos específicos:

- Estructurar y describir en un lenguaje más sencillo los conceptos básicos de la física de aceleradores de partículas.
- Elaborar un instrumento conceptual basado en representaciones analógicas que permitan relacionar conceptos de la física de aceleradores de partículas con situaciones de contextos cotidianos.
- Crear una página web como herramienta de apoyo para la enseñanza de los conceptos
- básicos de la física de aceleradores.

Capítulo 1 Introducción: planteamiento del problema y objetivos.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela de Pedagogía</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 4 de 5	

Capítulo 2 Antecedentes: La revisión de antecedentes se realizó con base en 3 categorías que circunscribe el desarrollo de la monografía, son las siguientes:

- Aceleradores de partículas.
- TIC's en enseñanza de la física.
- El uso de analogías en la enseñanza de la física.

Capítulo 3 Modelo teórico del acelerador: Conceptos básicos de la física de aceleradores.

Desde el punto de vista de la física de altas energías, un acelerador es una maquina diseñada para acelerar partículas cargadas hasta alcanzar velocidades cercanas a la velocidad de la luz, con el propósito de realizar colisiones en aquellos lugares donde se encuentran los experimentos.

Actualmente, todos los procesos para lograr un haz de calidad vinculan el trabajo de diferentes áreas de investigación de la física, cada una de ellas encargadas de dirigir, supervisar y controlar la aceleración del haz. Este documento ha sido organizado de acuerdo a las tres líneas de estudio que existen en la física de aceleradores: fuente de partículas, zonas de aceleración y líneas de transporte alrededor del anillo.


Capítulo 4 Marco pedagógico: En este capítulo se realiza una mirada de la importancia de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) y los diferentes elementos inmersos en los Ambientes Virtuales de Aprendizaje (AVA) con la finalidad de constituir la estructura pedagógica de la propuesta. También se definirá cada uno de los elementos inherentes al desarrollo pedagógico digital y su implementación en los procesos de enseñanza aprendizaje desde el modelo pedagógico blended learning y enfoque social constructivista, que sustenta el trabajo educativo en la web, a la luz de las necesidades educativas de los estudiantes del distrito, en específico del colegio IED Cortijo Vianey y con proyección a la educación pre-gradual.

Capítulo 5 Desarrollo del sitio Web, Se hace una descripción del sitio Web.

Capítulo 6 Conclusiones:

5. Metodología
No

6. Conclusiones

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela de Pedagogía</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 5 de 5	

- Con respecto a los conceptos físicos relacionados a la física de aceleradores, cabe señalar la importancia del lenguaje en los procesos de enseñanza-aprendizaje, la necesidad de escalar en el lenguaje, de ser parte activa en la reconfiguración y reconstrucción de conceptos de una manera más simple, evidencia claramente la álgida función que cumplen para que la comunicación entre los actores sea asertiva.
- Las TIC como herramienta que potencia el conocimiento en las ciencias disciplinares, en este caso de la física, denota una vital importancia en la modelación de fenómenos que comúnmente no se pueden recrear en un laboratorio de clases de las instituciones educativas. Un gran número de aplicaciones y software libre que hay en la web hacen parte del acervo de herramientas que contribuyen a promover una cultura digital, por tanto es necesario sensibilizar a los docentes para que sean parte activa de esta generación del conocimiento e información.
- Es importante reconocer y resaltar la importancia desde una visión sistémica sobre los modelos pedagógicas, las herramientas, los recursos y las estrategias de enseñanza, abriendo la posibilidad de configurar y articular todos los componentes en pro de una propuesta que no hace parte del currículo tradicional y potencia espacios de desarrollo académico, que incentiva a la investigación y aportan a la comunidad educativa.
- Este primer acercamiento a la enseñanza de la física de aceleradores en el LHC en espacios académicos de educación media, abre las puertas a que nuevas iniciativas se enfoquen en temas relacionados y se profundicen en el mismo nivel de escolaridad y sea ejemplo a futuro en espacios de educación superior, en especial pre-gradual denotando la necesidad de implementación en cada uno de sus currículos, promoviendo la creación de asignaturas enfocadas a la enseñanza de este tópico representativo, que como se ha dicho en varias ocasiones están a la vanguardia de la sociedad.

Elaborado por:	Camargo Camargo Oscar Javier
Revisado por:	Néstor Fernando Méndez H.

Fecha de elaboración del Resumen:	7	06	2017
--	---	----	------

Resumen

En este trabajo se presenta una propuesta didáctica para la enseñanza de aceleradores en el LHC (Large Hadron Collider por su sigla en inglés) en el nivel de escolaridad de educación media, en el colegio IED Cortijo Vianey dirigido a los estudiantes que hacen parte del club de ciencias. La estructura de la propuesta articula los conceptos básicos de la física de aceleradores, Las TIC para la construcción de una web educativa basada en la modelación de fenómenos, y las analogías como estrategias de enseñanza. Al interior de la propuesta se tiene en cuenta la simplificación del lenguaje de conceptos abstractos de la física de aceleradores; Los Objetos Virtuales de Aprendizaje OVA relacionados con las modelaciones multimedia, los textos, hipertextos y actividades de aprendizaje; y por último las diferentes representaciones analogías de fenómenos, elementos que convergen en el club de ciencias en un modelo denominado blended learning.

Palabras claves: HADRÓN, FÍSICA, ACELERADOR DE PARTÍCULAS, FUENTES DE PARTÍCULAS, ACELERADOR, TIC,LHC, ANALOGÍAS.

Abstract:

This paper presents a didactic proposal for the teaching of accelerators in the LHC (Large Hadron Collider) in the level of secondary schooling in the IED school Cortijo Vianey directed the students who are part of the club Of Science The proposed articulation structure the basic concepts of accelerator physics, ICT for the construction of an educational fabric based on the modeling of phenomena, and analogies as Teaching strategies. Within the proposal takes into account the simplification of the language of abstract concepts of accelerator physics; The OVA Virtual Learning Objects related to multimedia modeling, texts, hypertexts and learning activities; And finally the different analogical representations of phenomena, elements that converge in the science club in a model called blended learning.

Keywords: HADRON, PHYSICS, PARTICLE ACCELERATOR, PARTICLE SOURCES, ACCELERATOR, TIC,LHC ANALOGIES.

Contenido

Agradecimientos	4
Resumen	5
1 Introducción	2
1.1 Planteamiento del problema	4
1.2 Justificación	5
1.3 Objetivos	7
1.3.1 Objetivo general	7
1.3.2 Objetivos específicos	7
2 Antecedentes	9
3 Modelo teórico del acelerador: conceptos básicos de la física de aceleradores.	12
3.1 Introducción	12
3.2 Desarrollo histórico de los aceleradores de partículas	12
3.3 Producción de haces de partículas	13
3.3.1 Fuente de electrones	14
3.3.2 Fuente de iones	15
3.4 Dinámica de partículas en campos electromagnéticos	16
3.4.1 Movimiento longitudinal	17
3.4.2 Movimiento transversal	19
3.5 Estructura del LHC.	21
4 Marco pedagógico.	24
4.1 Introducción	24
4.1.1 Las TIC en la escuela	24
4.1.2 El papel de los OVA, AVA y las plataformas Educativas en la enseñanza de la física	25
4.1.3 Plataformas Educativas, Wix como herramienta para editar y crear contenidos didácticos	27
4.1.4 El propósito de las analogías.	27
4.1.5 Hacia un modelo pedagógico.	29

5	Desarrollo del sitio web	34
5.1	Descripción del sitio web	34
6	Conclusiones	41
6.1	Conclusiones	41
	Bibliografía	42

Lista de Figuras

3-1. Esquemá de la fuente de electrones por efecto termoiónico	14
3-2. Esquema de la fuente de electrones por emisor de campo	15
3-3. Obtención de protones por colisión de un haz de electrones con átomos de hidrogeno	16
3-4. Obtención de iones por bombardeo de superficies atómicas	16
3-5. Sistema de referencia para la trayectoria de las partículas en el LHC	17
3-6. Esquema del sistema de radiofrecuencia	18
3-7. Esquema de los modos electromagnéticos y la aceleración de las partículas por medio de la onda guía generada en la cavidad RF. [1]	19
3-8. Muestra las características de un dipolo y el arreglo de los dipolos para cerrar una trayectoria circular.	20
3-9. Representación cuadrupolo magnético	21
3-10.Arreglo de una FODO celda	21
3-11.Diseño esquemático del LHC. Tomado de [2]	23
4-1.	31
4-2.	32
4-3. Tabla de analogías	33
5-1. Interfaz principal de navegación del usuario.	35
5-2. Menú principal y botón de ingreso	36
5-3. Botón de ingreso y submenú	36
5-4. Pantalla de los principios básicos en física de aceleradores.	37
5-5. Índice de los principios básicos en física de aceleradores.	37
5-6. Vista en pantalla	38
5-7. Vista en pantalla	38
5-8. Estructura central de la página web	39
5-9. Actividad de asociación.	39
5-10.Actividad de identificación de los componentes del LHC.	40
5-11.Relación entre elementos.	40

1 Introducción

El presente trabajo se interesa por realizar una propuesta didáctica mediada por las TIC para la enseñanza de conceptos básicos de la física de altas energías, específicamente de los aceleradores de partículas LHC. Inicialmente se propone para el trabajo en educación media desde en el club de ciencias del colegio IED Cortijo Vianey, buscando, a posteriori, abrir las posibilidades para un estudio más profundo en la educación superior en otros espacios académicos.

Sobre los componentes de la propuesta es necesario discutir tres de ellos: los conceptos básicos de la física de aceleradores y aplicaciones; la importancia de las TIC en la escuela y las estrategias de enseñanza y el modelo pedagógico.

Referente al primer componente “los conceptos básicos de la física de aceleradores y aplicaciones” es importante resaltar la necesidad de generar una comunidad de aprendizaje en los diferentes círculos científicos y académicos, en la búsqueda de mejorar el nivel de comprensión de los conceptos abstractos y complejos que componen esta rama de la física, razón por la que el primer objetivo de la propuesta es la de estructurar dichos conceptos, con el fin de llevarlos a un lenguaje más simple en aras de hacerlos manipulables en un entorno de aprendizaje.

En términos generales sobre este componente, es de destacar que uno de los instrumentos tecnológicos con mayor importancia en el estudio de la física fundamental son los aceleradores de partículas, máquinas utilizadas para incrementar la energía cinética de partículas cargadas durante una trayectoria diseñada, empleando para ello campos electromagnéticos con la finalidad de acelerar, guiar y focalizar el haz hacia los puntos principales donde se quiere hacer colisionar las partículas fundamentales, logrando colisiones a velocidades cercanas a la luz, permitiendo realizar un amplio estudio de la naturaleza de la física de altas energías.

Las investigaciones de los experimentos llevados a cabo con los aceleradores de partículas han aportado significativamente al desarrollo científico, además de avances tecnológicos para los países que lideran el proyecto CERN (la sigla oficial corresponde en francés Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire); sin embargo, los avances han permitido no solamente solucionar problemas propios de la física de altas energías, sino también, la aplicación a sectores industriales, energéticos, salud, seguridad, por mencionar algunos.

Un ejemplo representativo de la aplicación de los aceleradores en la sociedad es la medicina, particularmente la terapia de radiación (radioterapia), técnica que consiste en bombardear la región afectada del cuerpo con el fin de destruir células cancerosas al ajustar el tamaño

del haz al volumen del tumor ; Otra técnica utilizada para combatir las células cancerosas es mediante el uso de fármacos radioactivos producidos por el ciclotrón, este tipo de medicamentos suelen ser suministrados vía intravenosa en los pacientes diagnosticados con cáncer. Además de la medicina, la industria es otro campo de acción de los aceleradores en constante crecimiento, sea, a modo de ejemplo, el proceso de esterilización por haces de electrones acelerados, una técnica que permite el acceso del haz al producto sin la necesidad de sacarlo de su empaque con el objetivo de eliminar cualquier agente patógeno. Otra aplicación importante es la higienización de alimentos, proceso que consiste en suministrar cierta cantidad de radiación ionizante a los alimentos para eliminar toda clase de hongos y bacterias (pasteurización) que afecten la calidad del producto.

Por último, algunos países vienen implementando los aceleradores en el sector de seguridad nacional mediante el programa de radiografía industrial, proyecto que realiza un escaneo de todo tipo de container, medios de transporte y correo postal con el propósito de prevenir el contrabando al ejercer mayor control sobre las distintas mercancías que ingresan a un país. Todas los aportes, aplicaciones y proyecciones del uso de los aceleradores son conocidos por la comunidad científica donde se emplean este tipo de instrumentos, sin embargo, un aspecto importante de resaltar es el papel de los aceleradores en la construcción de conocimiento científico, de hecho se han transformado en un escenario propicio para fortalecer el trabajo colaborativo mediante la creación de revistas indexadas, conferencias anuales, escuelas de verano, por mencionar los más importantes. Por esta razón, los principios físicos de funcionamiento, diseño y puesta a punto del acelerador son el producto final de una completa, incluso compleja actividad científica de la humanidad.

En referencia al conocimiento general de la física de aceleradores en Latinoamérica, es frecuente encontrar falencias en los ciudadanos en torno a las ideas básicas sobre su funcionamiento, además de toda la gama posible de aplicaciones de los aceleradores modernos, en consecuencia, no es trivial encontrar un conjunto de instrumentos que permitan ilustrar de una forma sencilla sus principios físicos; de manera que, existen razones suficientes para plantear la posibilidad de diseñar estrategias en torno a la enseñanza de la física de aceleradores.

Para finalizar, diversas investigaciones en enseñanza de las ciencias [3] [4] resaltan la importancia de introducir en el aula conceptos de la física moderna, considerando que la sociedad continuamente está en cambio gracias a los avances científicos y tecnológicos, con lo cual le permitiría al humano dar una nueva interpretación de su entorno.

Sobre el segundo componente, la importancia de las Tecnologías de información y Comunicación (TIC) en la escuela, la premisa fundamental son el sin número de bondades y el impacto positivo en los procesos de enseñanza-aprendizaje y su importancia en las áreas disciplinares.

El papel de las TIC en la enseñanza de la física juega un rol relevante debido a ese universo de elementos conocidos como Objetos Virtuales de Aprendizaje OVA, los cuales abren la posibilidad de crear, modelar y simular fenómenos de cualquier tipo y se presentan en medios

multimedia permitiendo reconocer y estudiar cada una de las variables que están inmersas en ellos, en otras palabras son una herramienta que impulsan el desarrollo académico.

Pero la visión amplia de las TIC va mucho más allá, son una red de herramientas que permiten crear Ambientes Virtuales de Aprendizaje AVA, a disposición del ejercicio educativo y dispuesto en plataformas educativas donde la contribución a los procesos se magnifica, se hace tangible y abre la puerta a la articulación de saberes.

En la presente propuesta cada uno de esos elementos informáticos, la red que los conecta por medio de una interfaz WIX, permiten crear un espacio, club de ciencias, destinado a la enseñanza de los conceptos de física de aceleradores, estructurado en 5 líneas: las fuentes de partículas, los procesos de aceleración, la focalización de los haces, aplicaciones en contexto y las actividades de afianzamiento.

El tercer componente “las estrategias de enseñanza y el modelo pedagógico” en una mirada general resalta la importancia de las analogías, el valor de las representaciones y su diversidad, sustentada desde la premisa: la analogía “como un intento más de modelizar en aras del aprendizaje del alumnado, que puede considerarse como un recurso didáctico útil para aplicar en los procesos de enseñanza-aprendizaje” y “conecta el nuevo conocimiento con el que ya tienen los alumnos” (González, B. 2002, pág 198-199) [5], que aplicado a la presente propuesta permite a partir de modelos en contexto, resignificar el modelo de un concepto abstracto y complejo de la física de aceleradores.

En otras palabras, hacer de un concepto complejo y abstracto, algo más simple y manipulable, con base en la modelación multimedia articulada a la enseñanza por medio de analogías como otra forma de representación gráfica.

En un horizonte más amplio, en el punto donde confluyen los saberes, los recursos y las estrategias, aparece el modelo pedagógico como el sistema que lo direcciona y articula. Del amplio espectro de modelos se resalta el Blended Learning, que se caracteriza por ser de enfoque social constructivista, que transforma la práctica educativa en un espacio semipresencial, que responde a las necesidades de los educando y fortalece el uso de las TIC. De esta manera se configura el club de ciencias del colegio IED Cortijo Vianey en un espacio ideal para la enseñanza de aceleradores LHC.

1.1. Planteamiento del problema

La enseñanza de la física de altas energías, hoy en día, es uno de los pilares de la investigación en diferentes campos que aportan desarrollos a la sociedad, pero ¿qué tanto conoce la sociedad sobre esta rama de la física? ¿Por qué su estudio, desarrollo e investigación se enmarca únicamente en estudios pos-graduales y doctorales? Si es un área de gran contribución a la humanidad. Se pensaría en primera instancia que se debe a ese carácter teórico complejo que maneja conceptos abstractos y que sólo en laboratorios de alta tecnología se desarrolla, entonces ¿Dónde queda el papel de la escuela en la vanguardia? Y es exactamente

la respuesta a esos interrogantes los que se buscan responder con una propuesta didáctica para la enseñanza de física de aceleradores en el gran colisionador de hadrones LHC (por su sigla en inglés Large hadron collider), y para cumplir con esa finalidad es necesario utilizar las herramientas que los adelantos en Tecnologías de la Información y Comunicación TIC proveen a la sociedad del conocimiento, apoyado en el factor humano y el interés por desarrollar ciencia al interior de las instituciones educativas.

La educación en todos los niveles está atravesando un cambio de paradigma, orientado hacia un modelo activo, participativo y horizontal dejando atrás la concepción de la enseñanza y aprendizaje como transmisión y observación (Rivas, 1996) [6] . Bajo esa premisa y la oportunidad de aprovechar espacios para la contribución al conocimiento donde el club de ciencias del colegio IED Cortijo Vianey y los recursos físicos, digitales y humanos que pone a disposición, son el conjunto sinérgico e idóneo para presentar una propuesta de enseñanza de la física de aceleradores.

En función del anterior planteamiento y concretando los interrogantes surge la siguiente pregunta problema:

¿ Cómo diseñar una propuesta didáctica para la enseñanza de conceptos básicos de la física de aceleradores de partículas aplicados en el LHC.?

1.2. Justificación

Hoy en día la física de altas energías ocupa un lugar importante en las comunidades científicas, debido a que es avante de adelantos e investigaciones en diferentes ámbitos de la sociedad con aportes en cada uno de ellos, como la medicina, en la industria mecánica y electrónica, seguridad portuaria, energía entre muchos otros. Es así que se abre un amplio compromiso con la educación de la físicas de altas energías, pero su estudio a nivel nacional sigue siendo reducido y exclusivo a niveles posgradúales y doctorales, haciendo más grande la brecha social de conocimiento de los círculos académicos que se interesan por la investigación y el conocimiento en esta área.

De esta manera se fortalece la necesidad de liderar comunidades académicas como semilleros de investigación y clubes de ciencias, además de apoyar el interés particular para generar desarrollo en esta área de conocimiento, así como vincularse desde etapas de escolaridad más tempranas como la educación media secundaria, foco de espacios educativos con intereses diversos. Es allí donde se reconoce la importancia del esfuerzo de los maestros que desde el interior del aula abren la puerta a nuevas experiencias y los retos que trae consigo pertenecer a la sociedad del conocimiento e información.

Esas nuevas experiencias traen consigo nuevas responsabilidades, y más cuando se trata de estudios experimentales como la física de aceleradores en el LHC, razón por la cual, quien asuma el rol de guía en el proceso de enseñanza-aprendizaje debe inicialmente darse a la tarea de convertir conceptos abstractos, en conceptos acordes a un nivel de escolaridad menor, simplificando su complejidad y asociándolo a diferentes representaciones que permitan

hacerlo más simple y entendible.

Un constructo teórico complejo debe vincularse a la educación usando el abanico de herramientas que a disposición proveen las Tecnologías de la Información y Comunicación TIC, así como una estrategia de enseñanza que permitan a los educandos apropiarse de los conceptos y convertirse en parte activa del proceso. Una razón importante de donde surge la **propuesta didáctica mediada por las TIC para la enseñanza de los conceptos básicos en física de aceleradores aplicados en el LHC**, que en su fase de desarrollo inicial ubica como población focal a los estudiantes del club de ciencias del colegio IED Cortijo Vianey, en el nivel de educación media. Sin embargo, los alcances de la propuesta se extienden a la implementación en un nivel pre-gradual.

Es el club de ciencias donde se configuran las estrategias de enseñanza y el aprendizaje de saberes, las TIC como una herramienta de vanguardia y los conceptos de física de aceleradores lo que hacen posible la propuesta, ese punto de concurrencia que permite crear un ambiente propicio para la enseñanza, en el que la modelación, las diferentes representaciones y sus analogías juegan un papel importante y son el pilar que fundamental que dio vida a esta idea.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Diseñar una propuesta didáctica para la enseñanza de los conceptos básicos en física de aceleradores de partículas aplicados en el LHC.

1.3.2. Objetivos específicos

- Estructurar y describir en un lenguaje más sencillo los conceptos básicos de la física de aceleradores de partículas.
- Elaborar un instrumento conceptual basado en representaciones analógicas que permitan relacionar conceptos de la física de aceleradores de partículas con situaciones de contextos cotidianos.
- Crear una página web como herramienta de apoyo para la enseñanza de los conceptos básicos de la física de aceleradores.

2 Antecedentes

La revisión de antecedentes se realizó con base en 3 categorías que circunscribe el desarrollo de la monografía, son las siguientes:

- Aceleradores de partículas.
- TICs en enseñanza de la física.
- El uso de analogías en la enseñanza de la física.

Para el rastreo documental sobre las categorías se realizó la búsqueda en un marco local que abarcó 11 revistas de universidades nacionales que se relacionaban con ciencias y tecnología, entre ellas se tiene:

Nombre de la revista	Elementos asociados a las categorías.
Revista (Tecné, Episteme y Didaxis) TED	1
Revista nodos y nudos	0
Revista científica	3
Revista Tecnura	0
Revista Visión electrónica	2
Revista Vínculos	0
Revista Ingeniería	0
Revista redes de ingeniería	0
Revista Tecnología, investigación y academia TIA	0
Revista Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las ciencias	2
Revista facultad de ciencias UN	0
Otros	1

Tabla 2-1: Listado de revistas consultadas

Así mismo, también se complementó la búsqueda teniendo en cuenta los buscadores Scielo, Dialnet, entre otros.

De la exhaustiva búsqueda se concluyó que la información asociada a la base teórica del presente trabajo, tiene escaso desarrollo a nivel nacional, lo que es comprensible debido a que el tema de aceleradores de partículas es un área que ha tomado fuerza en los últimas décadas

y sus fuentes se encuentran en idiomas diferentes al español, como es el caso de: *Edward, D. & Syphers, M (1993) [7]. An Introduction to the Physics of High Energy Accelerators ; Wiedemann, H (2007) [1]. Particle Accelerator Physics ; Lee, S.(1999) [8] Accelerator Physics, World Scientific ; Wilson, E.(2001) [9] .An Introduction to Particle Accelerators.*

Con referente a las categorías del trabajo cabe destacar algunos de los hallazgos de la búsqueda, en primer lugar con referencia a la categoría de aceleradores de partículas. Uno de ellos realizado por Sarta J.(2000) [10] denominado *El Ciclotrón como Fundamento de Desarrollo Científico*, un artículo que presenta un panorama de las distintas aplicaciones y beneficios que pueden ser cubiertos con la instalación de un ciclotrón en Colombia, a partir de su utilización dirigida a la investigación básica y aplicada. También describe de manera muy somera las etapas de funcionamiento desde la obtención del haz hasta la colisión de este, concluye con los beneficios que le podría traer al sector industrial y médico.

Otro elemento encontrado en esta categoría es una monografía cuyo título es *principios físicos de los aceleradores de partículas (AP) y su aporte al desarrollo de la física de altas energías* realizado en el año 2006 por Cortes, J. [11], quien en su escrito da a conocer algunos de los fundamentos físicos del funcionamiento de los aceleradores de partículas, y reconoce la importancia de integrar los conceptos en diferentes áreas de la física con el fin de generar un espacio de investigación en el aula.

Con referencia a las Tecnologías de la información y comunicación TIC's en la enseñanza de la física se resaltan artículos e informes de investigación, entre ellos se tiene *implementación de las tic en la enseñanza de la física, factibilidad y eficacia en nuestro país*, realizado por Osorio, J., Prieto, M. & Infante, E.(2011) [12] quienes realizaron una recopilación y análisis del empleo de las Tecnologías de la Información y Comunicación TIC en nuestro país y la relación existente entre estas y los proceso de enseñanza de la física en Colombia, denotaron como el uso de la Internet ha revolucionado las formas de enseñanza a causa de que permiten al usuario comunicarse de una manera más rápida, lo que la convierte en una herramienta que posibilita recrear diferentes ambientes en la enseñanza, también teniendo en cuenta los desafíos de motivación y desarrollo de medios tecnológicos integrados a los ambientes que aporten en el proceso de aprendizaje no tradicional que se existen al interior y exterior del aula.

En esta misma línea se tiene *El uso de las TIC y los diagramas de pensamiento en la enseñanza de la física*, el autor Ramos, W.(2009) [13] expone una visión del uso adecuado de las TIC y diagramas de pensamiento en conjunto, dando a conocer una conexión entre estas dos herramientas como parte fundamental en la enseñanza de la física y no dejando atrás la invaluable labor de estos recursos en la didáctica de las ciencias. Resalta el uso de laboratorios virtuales como aplicación de las TIC en el proceso de enseñanza de la física, acercando al estudiante a asimilar comportamientos y sistemas reales, facilitando el paso desde las imágenes permisibles hacia las imágenes pertinentes, reconociendo resultados favorables en la enseñanza de las ciencias.

En la categoría referente a las analogías se tiene artículos muy interesantes, uno de ellos rea-

lizado por Pulido, W(2009) [14]. *La didáctica de la física como investigación en la enseñanza de la física*, un artículo donde muestra la importancia de la didáctica física en los procesos de enseñanza aprendizaje y por consiguiente a la adquisición de conocimientos como resultado de la interacción del profesor y estudiante mediado por el lenguaje formal. También resalta la importancia del uso de analogías al comparar un fenómeno físico trabajado a partir de un modelo matemático fundamental permitiendo el aprendizaje significativo. Un caso particular es a modo de ejemplo se tiene "la interacción gravitacional", su modelo físico representado por un tubo de rayos catódicos, un electrón generado por calentamiento y luego acelerado, sufrirá una interacción con un campo eléctrico creado por un par de placas paralelas, su modelo matemático analógico se asocia al movimiento semiparabólico, donde la trayectoria del cuerpo dependerá de la polaridad de las placas, de esta forma el electrón tendrá una trayectoria hacia arriba o hacia abajo. De esta manera el estudiante a partir de las ecuaciones de movimiento semiparabólico puede conocer en que instante la energía potencial es máxima, el instante en el cual el electrón adquiere mayor energía cinética, y también el momento donde el electrón cesará su interacción con las placas paralelas y seguirá su trayectoria por inercia. Otro artículo con el referente de analogías es el presentado por Rodríguez,F., Torres, A., & Vacca, H.(2012) [15] *Estudio con análisis por elementos finitos de sistemas análogos circuitales en física*, donde señalan como las analogías pueden ser utilizadas como un recurso didáctico para facilitar el proceso de enseñanza aprendizaje de nuevos conceptos de una forma más clara para los estudiantes, por esta razón las analogías guían a los estudiantes en la construcción de un modelo mental inicial basado en la estructura de una temática dominio análogo hacia un dominio blanco, de esta forma el uso de las analogías en enseñanza de las ciencias se puede extender a diferentes ramas del saber científico. Este artículo utiliza un modelo analógico para explicar tres campos, el eléctrico, magnético y térmico como un recurso didáctico para facilitar el proceso de enseñanza aprendizaje de nuevos conceptos de una forma más clara para los estudiantes, reconociendo las analogías como un modelo mental que permite redirigir la construcción de saberes.

Una mirada integral de las tres categorías permite resaltar varios aspectos, en primer lugar, reconocer el poco desarrollo de temas de aceleradores de partículas en grados escolares de nivel secundaria básica y media, abriendo la puerta a la exploración apoyado en las tecnologías de la información y comunicación, la cual permite articular y fortalecer procesos de enseñanza-aprendizaje, permitiendo estudiar por medio de la modelación, simulación y/o emulación modelos físicos que no son manipulables en un salón de clase. Otro aspecto fundamental para destacar es el trabajo de analogías, se reconocen aciertos al interior del aula y su importancia en el aprendizaje significativo, resultado de emplear asociaciones y la necesidad de la transposición didáctica de saberes. Por último resaltar la necesidad de incluir en los nuevos semilleros y/o clubes escolares nuevas temáticas a la vanguardia de la comunidad científica aprovechando las herramientas digitales que las tecnologías proveen.

3 Modelo teórico del acelerador: conceptos básicos de la física de aceleradores.

3.1. Introducción

Desde el punto de vista de la física de altas energías , un acelerador es una maquina diseñada para acelerar partículas cargadas hasta alcanzar velocidades cercanas a la velocidad de la luz, con el propósito de realizar colisiones en aquellos lugares donde se encuentran los experimentos. Actualmente, todos los procesos para lograr un haz de calidad vinculan el trabajo de diferentes áreas de investigación de la física, cada una de ellas encargadas de dirigir, supervisar y controlar la aceleración del haz. Este documento ha sido organizado de acuerdo a las tres líneas de estudio que existen en la física de aceleradores: fuente de partículas, zonas de aceleración y líneas de transporte alrededor del anillo.

3.2. Desarrollo historico de los aceleradores de partículas

Durante las últimas décadas los aceleradores de partículas se han convertido en grandes instrumentos para la experimentación en física de partículas, cada uno de ellos modificados gracias a los continuos avances tecnológicos que permiten incrementar progresivamente la energía suministrada a las partículas aceleradas, logrando la obtención significativa de nuevos resultados en los campos de investigación donde son empleados los aceleradores.

Por otro lado, paralelo al incremento de la energía suministrada, además del desarrollo de nuevas aplicaciones tecnológicas, los aceleradores fueron incorporando nuevos conceptos de la física para desarrollar máquinas con mayor capacidad de aceleración. Los diferentes aceleradores creados en física y su máximo de energía alcanzado, como también sus aplicaciones en diferentes áreas de conocimiento se describen en la tabla **3-1**

Tipo de acelerador	Inventor	Máximo de energía alcanzada	Tipo de partícula	Aplicaciones
Tubo de rayos catódicos (TRC) 1897	K Ferdianand Braun		e	Medicina Industria
Resonante Lineal 1928	R Wideroe	50 KeV	e	
Cockroft y Walton John 1932	Cockroft y Earnest Walton	750 KeV	p	Pre aceleración
Ciclotrón 1934	E Lawrence y M Livingston	19 MeV	p	Medicina, producción de radioisótopos. Tecnológico. Investigación.
Van de Graff 1937	Van de Graff	2.7 MeV	e	Pre aceleración
Tandem 1940		3 MeV	p-iones	Medicina. Medio ambiente Industria.
Betatron 1941	W Kerst	2.2 MeV	e	Fuente de rayos X o Gama, medicina
Alvarez 1946	L Alvarez	32 MeV	p	Medicina Industria
Sincro-ciclotron 1946	Lawrence Mc Millan	920 MeV	e, p iones	Radiación dosimetría Estudio de materiales
Sincrotón 1947	Goward y Barnes	3 GV	e. p iones	Medicina, química, industria. Generación de radioisótopos artificiales.
Betatron 1950	W Kerst	300 MeV		Investigación y medicina
Sincrotron 1959		28 GeV	p	Radiación y dosimetría Estudio de materiales.
SLAC Lineal 1962		90 GeV	e, p	Investigación. generación de neutrones, ciencia de materiales, radio isotopos, litografía, Medicina, generación de radiación. seguridad energética y medio ambiente.
Linac 2 1978		50 Mev	p	
Tevatron 1983		3.5 TeV	P, antiprotones	Investigación, imágenes médicas. radioterapia y producción de radioisótopos.
LHC 2008	CERN	7 TeV - 14 TeV	p - iones	Investigación, industria Medicina.

Tabla 3-1: Cronología de los aceleradores

3.3. Producción de haces de partículas

Para comprender los aspectos fundamentales que rigen el movimiento de partículas cargadas circulando a través de la línea de transporte de un acelerador, es necesario describir las diferentes técnicas experimentales empleadas para obtener las partículas utilizadas dentro del comisionamiento de un acelerador.

En la literatura científica se entiende como Beam Physics (Física del haz), al campo de la física encargado del estudio del movimiento de un conjunto de partículas (o nube) eléctricamente cargadas en presencia de campos electromagnéticos; este conjunto de partículas están descritas por vectores de posición y momento, cuyas coordenadas son similares y son suficientes para describir el movimiento del haz.

Las técnicas utilizadas en laboratorios para la producción del haz de partículas son diversas, pero cada una de estas dependerá del laboratorio y del tópico de investigación de la física donde se emplee; ya sea en procesos atómicos, nucleares o de altas energías. La clasificación de estas técnicas depende única y exclusivamente de la fuente de partículas que conforman el haz, ya sean iones, electrones, protones, antiprotones, etc.

3.3.1. Fuente de electrones

a) Emisión termoiónica:

Este proceso es uno de los más utilizados para la obtención, tanto para la fuente de electrones, como también de protones. Consiste en aumentar considerablemente la temperatura del cátodo (electrodo negativo) logrando que los electrones contenidos en este, adquieran la energía cinética suficiente para superar la barrera de potencial, característica del material de la superficie del cátodo y puedan ser emitidos; es decir aquellos electrones con mayor energía que la función de trabajo (energía mínima para arrancar un electrón de un material) quedan libres dando origen a una nube de electrones.

Esta nube es confinada en un cilindro de control Wehnelt cargado negativamente el cual rodea el cátodo, de tal forma que los electrones son repelidos por el cilindro, además posee un orificio por donde los electrones tienen paso hacia el ánodo (electrodo cargado positivamente), como consecuencia se genera una diferencia de potencial produciendo un campo eléctrico E que acelera los electrones generando un haz de partículas, el esquema del cilindro Wehnelt se representa en la figura 3-1.

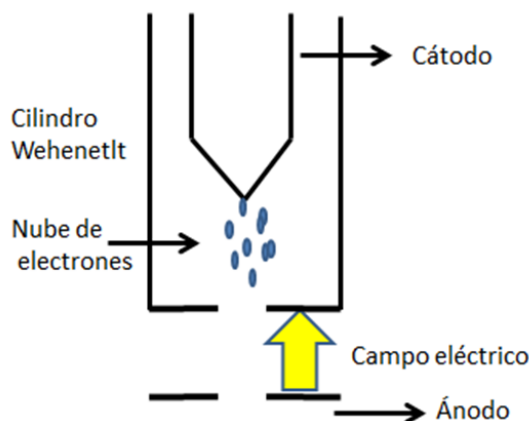


Figura 3-1: Esquemá de la fuente de electrones por efecto termoiónico

b) Emisor de campo:

En este proceso los electrones son extraídos de la superficie de un material de tungsteno con forma de punta fina por medio de la utilización de un campo eléctrico externo muy

elevado, en donde no es necesario aumentar la temperatura de la punta para que se emitan los electrones. El emisor de punta fina actúa como una superficie equipotencial e induce campos eléctricos (10^8 V/cm) muy fuertes alrededor de ella, permitiendo que los electrones viajen a lo largo de las líneas del campo eléctrico producido. La punta está ubicada a una distancia muy cercana del cátodo lo cual aumenta la emisión de electrones para luego ser acelerados por una gran diferencia de potencial (ver figura 3-2).

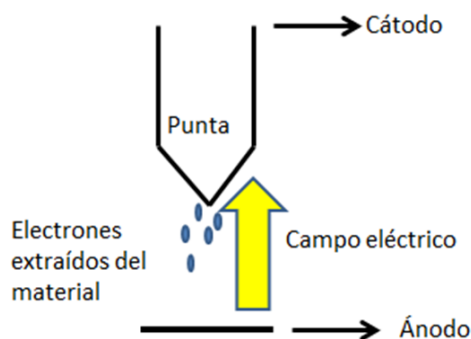


Figura 3-2: Esquema de la fuente de electrones por emisor de campo

3.3.2. Fuente de iones

a) Gases atómicos bombardeados con electrones:

Si se necesita otro tipo de haz de partículas se dará paso a la segunda parte del proceso de emisión termoiónica, donde los electrones son guiados y confinados por medio de un campo magnético hacia una cámara donde se inyecta en cantidades mínimas un gas, puede ser Hidrogeno (H_2) o Helio (He). El haz de electrones de alta energía colisionará con las moléculas del gas, como resultado de estas colisiones existirá una ionización (ver figura 3-3).

Para el proceso de extracción de los iones se utiliza una placa cargada positivamente con la finalidad de repelerlos y alejarlos del haz de electrones, luego para vaciar los iones de la fuente se aplica un campo eléctrico de gran intensidad entre la fuente y un electrodo de extracción, el cual se mueve a una velocidad muy alta por una abertura en el dispositivo. La polaridad del haz de iones dependerá del tipo de gas inyectado.

b) Bombardeo de superficies atómicas con proyectiles :

El proceso de pulverización catódica permite obtener iones negativos por medio de la colisión de un haz de electrones con elevada energía y un blanco sólido (que depende

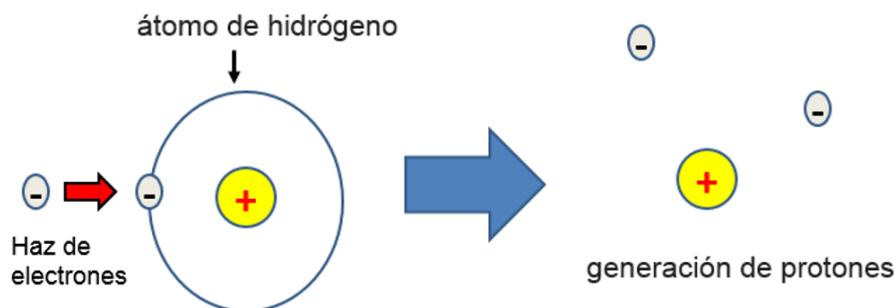


Figura 3-3: Obtención de protones por colisión de un haz de electrones con átomos de hidrógeno

del tipo de haz que se necesite), debido al impacto los iones individuales se desprenden de la superficie del blanco con el fin de ser extraídos por campos eléctricos para su posterior aceleración.

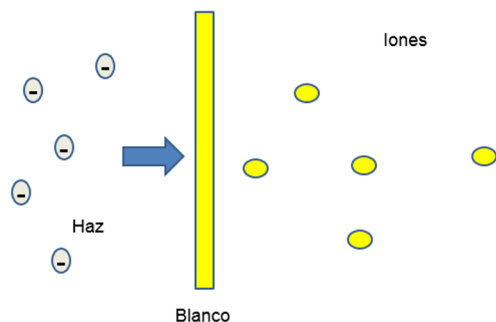


Figura 3-4: Obtención de iones por bombardeo de superficies atómicas

3.4. Dinámica de partículas en campos electromagnéticos

Durante el comisionamiento de un acelerador, campos electromagnéticos son generados en las líneas de transporte y aceleración del haz, con el objetivo de guiar las partículas alrededor de una trayectoria teóricamente diseñada manteniendo los parámetros nominales del acelerador mediante un campo guía, que produce una fuerza de Lorentz que gobierna las interacciones entre partículas cargadas y campos electromagnéticos [16].

$$\vec{F} = q\vec{E} + q(\vec{v} \times \vec{B}) \quad (3-1)$$

La ecuación de Lorentz proviene de campos eléctricos y magnéticos, Ambos componentes de la ecuación 3-1 se utilizan en la deducción de las ecuaciones de movimiento, la primera

componente es utilizada en un acelerador circular para acelerar y empaquetar el haz en la dirección longitudinal, la deducción de las ecuaciones de movimiento en esta dirección se conoce como dinámica longitudinal. La segunda componente corresponde a la fuerza producida por un sistema magnético empleado para guiar y focalizar el haz en la dirección transversal, conocido también como dinámica transversal [1].

El sistema de coordenadas de Frenet-Serret [1] es el más apropiado para escribir las ecuaciones de movimiento de una trayectoria de una partícula en un acelerador circular, este sistema conocido también con el nombre de coordenadas curvilíneas naturales, permite tomar la coordenada axial s como la trayectoria ideal de la partícula y las coordenadas transversales x y y (ver figura 3-5)

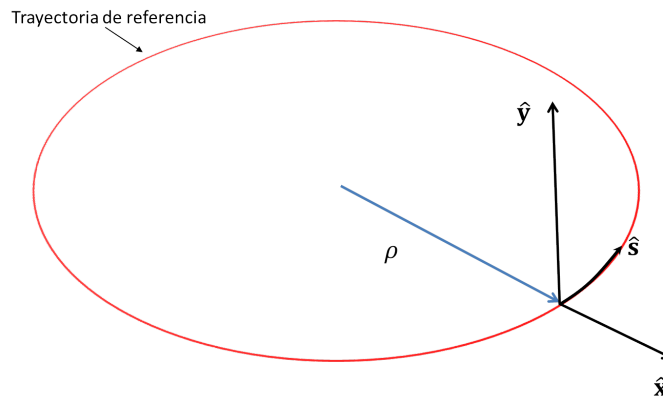


Figura 3-5: Sistema de referencia para la trayectoria de las partículas en el LHC

- s : Representa la coordenada en la dirección de desplazamiento de la partícula.
- (x, y) : Representan las coordenadas ortonormales del desplazamiento transversal de las partículas con respecto a s .
- ρ : Representa el radio de la trayectoria de referencia de la partícula.

3.4.1. Movimiento longitudinal

El objetivo fundamental de un acelerador de partículas es incrementar la energía cinética de una haz, hasta lograr alcanzar velocidades cercanas a la velocidad de la luz, para producir colisiones entre haces altamente energéticos, con el fin de obtener información relevante sobre el origen del universo y la apertura a nuevas áreas de investigación en física de altas energías. Para cumplir con éste objetivo, el acelerador emplea una estructura compuesta por un sistema de instrumentos de aceleración capaces de incrementar progresivamente la energía

cinética del haz durante la interacción sistema-haz en el comisionamiento del acelerador.

Cavidades de radio-frecuencia(RF)

Las estructuras que conforman el sistema de aceleración empleado en los aceleradores de partículas son las cavidades de radiofrecuencia (RF), instrumentos utilizados para suministrar, extraer o modular la energía de las partículas durante la interacción entre el haz y las diferentes cavidades de RF instaladas en el acelerador. El uso de las cavidades RF en un acelerador se debe en principio a dos consideraciones físicas. En primer lugar, las cavidades RF permiten incrementar los valores de los campos electromagnéticos vía variación de la frecuencia de oscilación de las ondas electromagnéticas producidas en el interior de la cavidad y en segundo lugar, el efecto resonante de una cavidad RF permite amplificar una excitación externa.

Sin embargo, es importante aclarar que las cavidades no son empleadas únicamente para incrementar progresivamente la energía de las partículas, sino también, para compensar las pérdidas de energía debido al fenómeno de radiación, que establece la pérdida de energía cinética para los cuerpos cargados en movimiento cuando son acelerados por la emisión de ondas electromagnéticas; a continuación se enumeran los elementos principales que conforman la estructura del sistema de cavidades de RF (ver figura 3-6).

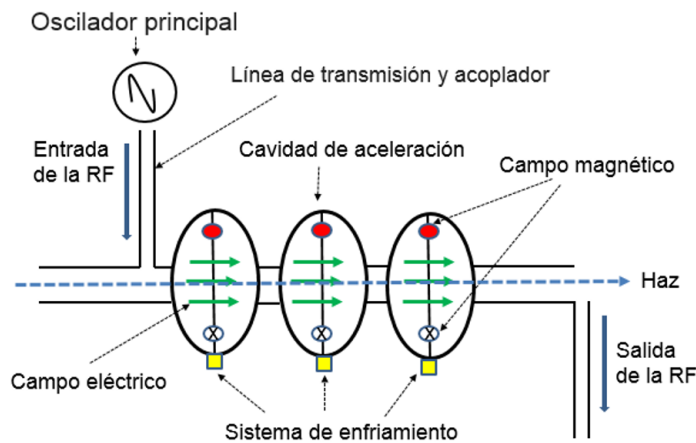


Figura 3-6: Esquema del sistema de radiofrecuencia

- Oscilador principal.
- Línea de transmisión.
- Acoplador de potencia.
- Estabilizador de voltaje.

- Cavity aceleradora.
- Sistema de enfriamiento.

De la ecuación (3-1) se establece que la fuerza magnética es perpendicular a la velocidad del haz, por lo tanto, esta fuerza no realiza ningún tipo de trabajo sobre las partículas, lo que permite concluir que únicamente las fuerzas que producen un incremento de la energía cinética del haz de partículas provienen de los campos eléctricos. Una cavidad RF se concibe como un recipiente metálico que pueden sostener un número infinito de modos electromagnéticos resonantes, que transfieren una cantidad promedio de energía por cada vuelta del haz de

$$\Delta E = qV_{acc}\sin(\omega t) \quad (3-2)$$

Una cavidad de RF permite crear una onda guía en su interior con un voltaje significativo. La figura(3-7) ilustra las líneas de campo eléctrico y magnético generadas por la excitación de una fuente de RF. Ambos campos, eléctricos y magnético, oscilan sinusoidalmente, invirtiendo la dirección durante cada periodo para mantener focalizado y acelerado el haz en la dirección longitudinal s.

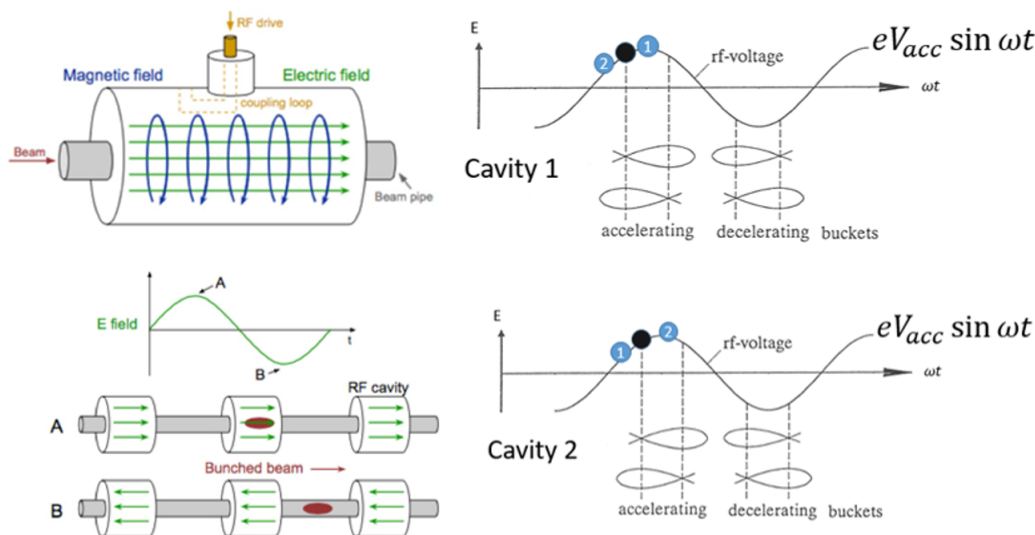


Figura 3-7: Esquema de los modos electromagnéticos y la aceleración de las partículas por medio de la onda guía generada en la cavidad RF. [1]

3.4.2. Movimiento transversal

En un acelerador circular durante el recorrido, las partículas experimentan una fuerza capaz guiar y focalizar el haz alrededor de una órbita diseñada (o al menos muy cerca de ella), por

medio de campos estáticos transversales; en la literatura de la física de aceleradores se conoce como dinámica transversal a los principios físicos que describen esta clase de movimiento. Haciendo uso de la ecuación 3-1 con el fin de guiar y controlar los haces de partículas durante la trayectoria diseñada, se utiliza en el acelerador un complejo sistema magnético (línea de transporte), la ecuación de movimiento para estas condiciones descritos desde un marco de referencia no inercial es

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = q(\vec{v} \times \vec{B}) + \vec{F}_{centrífuga} \quad (3-3)$$

Dipolo magnético: El campo magnético generado por este tipo de componentes es uniforme en el espacio comprendido entre sus polos magnéticos, los cuales ejercen una fuerza magnética necesaria para curvar la trayectoria del haz en una trayectoria cerrada(plano horizontal), para el caso del LHC se utilizan alrededor de 1232 dipolos en la mayoría de casos para crear una trayectoria cerrada.(Ver figura 3-8.)

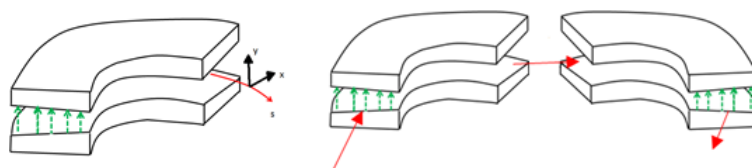


Figura 3-8: Muestra las características de un dipolo y el arreglo de los dipolos para cerrar una trayectoria circular.

Cuádrupolo magnético: Los campos creados por elementos magnéticos cuádrupolares, de acuerdo con las leyes de Maxwell, tienen la propiedad de generar un fuerza transversal sobre las partículas dirigida hacia una de las direcciones trasversales de movimiento, proceso conocido como focalización del haz, sin embargo, focalizar el haz en un plano tiene como consecuencia la dispersión del haz en el otro plano transversal (desfocalización).

Para lograr obtener un haz compacto en la línea de transporte del acelerador, durante el proceso de colisión en las regiones de interacción, se ubica un cuádrupolo rotado 90 grados (skew) y un cuadrupolo normal; las líneas de campo del cuádrupolo magnético, y la configuración de dos cuadrupolos se muestra en la figura 3-9

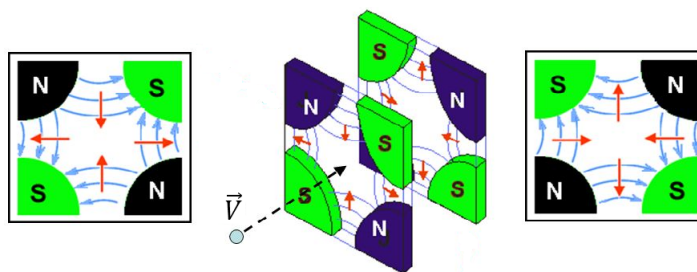


Figura 3-9: Representación cuadrupolo magnético

FODO CELDA: La configuración de elementos magnéticos que guían, y focalizan en ambos planos transversales del acelerador se conoce como celda unitaria o FODO celda ¹, para el caso del LHC está conformado por 24 de estos arreglos, un aspecto importante es la analogía entre el comportamiento de la FODO celda y una combinación de dos lentes de la óptica geométrica : convergente y divergente, de esta forma la configuración basada en las FODO celdas sería, ver figura 3-10.

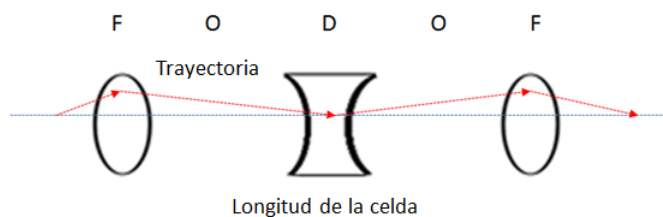


Figura 3-10: Arreglo de una FODO celda

3.5. Estructura del LHC.

El interés primordial de este capítulo es describir los principios básicos de aceleración en el Gran Colisionador de Hadrones (la sigla oficial en inglés Large Hadron Collider, LHC), el más grande y potente de los aceleradores existentes en el mundo, ubicado a 100 metros de profundidad en la frontera Franco-Suiza a las afueras de Ginebra, siendo el proyecto más importante de la Organización Europea para la Investigación Nuclear (en francés Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire, CERN).

En efecto, el proyecto LHC es la más grande invención realizada por el ser humano, vinculando a más de 10.000 científicos de unas 500 instituciones académicas, además de empresas de

¹En física de aceleradores la sigla FODO corresponde a: F = focusing quadrupoles, D = defocusing quadrupoles y 0 = drift spaces para el caso de dipolos.

todo el mundo que trabajan como redes de investigación para el comisionamiento, análisis y procesamiento de datos obtenidos durante el funcionamiento del acelerador; de esta manera los conocimientos adquiridos durante su construcción, han permitido a los físicos teóricos tener mayor comprensión de la estructura interna de la materia.

En el caso del LHC, su anillo de 27 kilómetros de longitud cuenta con instrumentación especial que permite transportar dos haces de protones o iones, orientados en sentidos opuestos en dos tubos de vacío durante una trayectoria diseñada, acelerados mediante una cadena de aceleradores existentes en las instalaciones del CERN, con la finalidad de incrementar su energía hasta alcanzar un valor final de 7 TeV ² por haz.

Las partículas aceleradas en el LHC son extraídas de un gas de hidrógeno mediante la aplicación de un campo eléctrico que produce la separación de los electrones del átomo. El primer acelerador es el Linac 2 (linear particle accelerator), quien acelera los protones a una energía de 50 MeV para ser inyectados en el segundo acelerador, el PSB (Proton Synchrotron Booster), el cual continua con el proceso de aceleración y suministra al sincrotrón de protones (PS) un haz con una energía de 1.4 GeV, el PS a su vez, entrega al Super Sincrotrón de Protones (SPS) un haz con energía de 25 GeV. Por último, la energía final con la que el SPS inyecta el haz de protones al LHC es de 450 GeV. [17] [18]

Sin embargo, la energía no es el único concepto importante dentro de la física de aceleradores, de hecho, durante el proceso de colisión en las regiones de interacción el tamaño del haz es realmente significativo, ya que se encuentra directamente relacionado con el concepto de luminosidad definido como la medida de la probabilidad de colisiones por segundo y por unidad transversal de área entre dos haces de partículas.

La estructura general del acelerador se puede ver en la figura **3-11**, el anillo está dividido en sectores llamados octantes que cumplen cada uno con una función específica dentro del comisionamiento del acelerador; los sectores 1, 2, 5 y 8 son los puntos más importantes, ya que ahí están ubicados los detectores de partículas, cuya función es obtener todos los datos obtenidos durante las colisiones. Los cuatro octantes se encuentran distribuidos de la siguiente forma: Dos octantes (3,7) para la extracción de las partículas con momentum mayor o menor al momentum nominal (cita), un octante (4) encargado de acelerar los haces hasta el máximo de la energía y por ultimo un octante (6) encargado de la descarga del haz, en donde se extrae rápidamente sin pérdidas desde el anillo del colisionador.

Los otros cuatro octantes se encuentran los detectores, a continuación se realiza una breve descripción de las investigaciones realizadas en cada uno de los detectores

- ATLAS (A Toroidal LHC ApparatuS): Uno de los más grande detectores con dimensiones del orden de 46m de largo y 25m de alto, constituido por diferentes capas que permiten capturar las múltiples trayectorias, energías y momentos asociados de las partículas que emergen de las colisiones frontales entre dos protones altamente

²Un TeV es una unidad de energía utilizada en la física de partículas.

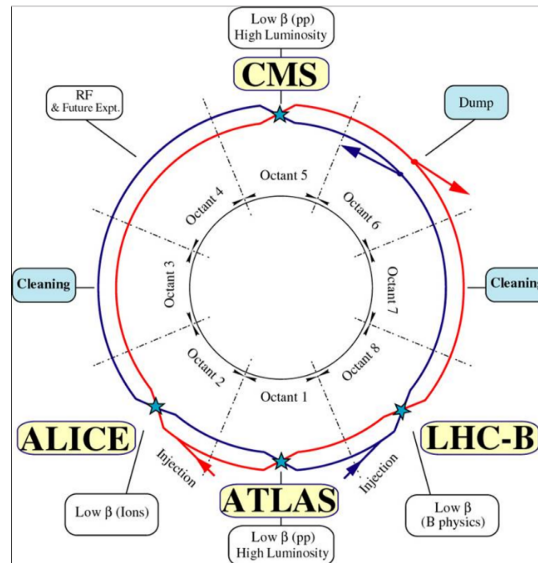


Figura 3-11: Diseño esquemático del LHC. Tomado de [2]

energéticos. Por otro lado, describe todas las posibles propiedades de los quarks y bosones. [19]

- CMS (Compact Muon Solenoid), este experimento fue diseñado para explorar la física en el orden de altas energías (TeV), su énfasis está en la detección de partículas como hadrones, electrones, fotones y muones, sus dimensiones son 21m de ancho y 15.5m de largo, cuenta con un detector de trazas TRAKER, calorímetro electromagnético (EVAL), calorímetro hadrónico y detectores de munes, aunque cumple funciones similares alas del ATLAS, cada uno de ellos realiza su trabajo por separado. [20]
- ALICE Es el acrónimo para Gran Colisionador de Iones (ALarge Ion Collider Experiment) Este experimento fue diseñado para la investigación de colisiones entre iones pesados como el plomo (Pb), con el objetivo de estudiar interacciones a altas energías 5.5 TeV y las propiedades de los gluones de plasma de quarks constituyentes básicos de la materia. Este detector está compuesto por dos partes: La parte central de este detector mide información que indique la formación de hadrones evento por evento, la segunda parte consta de un espectrómetro encargado de estudiar el decaimiento muónico de los hadrones. [21]
- LHCb (Large Hadron Collider beauty experiment), está especializado en detección de las partículas generadas por el decaimiento del quark bottom, y servirá, entre otros objetivos, para confirmar y depurar los parámetros de la detección de la violación de la simetría CP, una de las responsables de la asimetría entre materia y antimateria. [22]

4 Marco pedagógico.

4.1. Introducción

En este capítulo se realiza una mirada de la importancia de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) y los diferentes elementos inmersos en los Ambientes Virtuales de Aprendizaje (AVA) con la finalidad de constituir la estructura pedagógica de la propuesta. También se definirá cada uno de los elementos inherentes al desarrollo pedagógico digital y su implementación en los procesos de enseñanza aprendizaje desde el modelo pedagógico blended learning y enfoque social constructivista, que sustenta el trabajo educativo en la web, a la luz de las necesidades educativas de los estudiantes del distrito, en específico del colegio IED Cortijo Vianey y con proyección a la educación pre-gradual.

4.1.1. Las TIC en la escuela

Desde diversas miradas las TIC se reconocen como herramienta informativa y pedagógica, de desarrollo de conocimiento, que ha logrado un impacto positivo en la sociedad en los últimos años, así lo develan algunos estudios como los presentados por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura UNESCO, donde se resalta la importancia de las herramientas digitales y su impacto en la educación, considerándose así como la sociedad del conocimiento o de la información [23] ¹, demostrando así una relación intrínseca entre las tecnologías de la información y el conocimiento. El reconocer su importancia y su aval en los procesos de enseñanza-aprendizaje abren las puertas para explorar nuevas alternativas, que con ideas innovadoras permitan apropiarse de conceptos poco estudiados, y construir alrededor de ellos una propuesta de trabajo en pro de la educación.

Las TIC en un ambiente educativo facilitan el acceso a la información a través de la puesta en marcha de diferentes recursos informáticos recreando ambientes virtuales al combinar texto, videos, imágenes o animaciones, elementos necesarios para un aprendizaje significativo, un punto de partida para articular conceptos complejos de la física de aceleradores con analogías permitiendo la construcción de un espacio pedagógico con el objetivo de mejorar y simplificar las formas en que el estudiante comprende los conceptos.

Son diversas las bondades que permiten el uso de las TIC y los nuevos ambientes de aprendizaje, para Riascos, S., Quintero, D. & Ávila, G. (2009) [24] las metodologías de enseñanza-

¹Las tecnologías de la información y la comunicación en la formación docente, Unesco 2004 pág. 5

aprendizaje con incursión de las TIC se representan por varios elementos como: aprendizaje enfocado en el estudiante, avance dado por varios caminos, múltiples medios de comunicación, trabajo colaborativo, intercambio de información, el aprendizaje es activo, exploratorio, se basa en la indagación y se estimula el pensamiento crítico y la toma de decisiones informadas. De esta manera se evidencia la necesidad de poner en práctica las distintas herramientas que proveen las TIC con el fin de optimizar los recursos para la enseñanza de la física de aceleradores, en palabras de Rojano, T. (2006) [25], indica que para la enseñanza de la física con tecnología es necesario tener en cuenta modelos específicos, desde 6 principios: Didáctico, de especialización, cognitivo, empírico, pedagógico y de equidad; en los cuales se resalta la necesidad de un tratamiento fenomenológico a los conceptos, en este caso relacionados con aceleradores, ubicar herramientas específicas de software para modelarlos, y desde allí fijarse en el aspecto cognitivo, permitiendo articularlo con representaciones analógicas, buscar herramientas pedagógicas para promover el aprendizaje colaborativo y la interacción, y por último reconocer la necesidad del acceso temprano a ideas importantes de la física, siendo este último la finalidad de la propuesta.

4.1.2. El papel de los OVA, AVA y las plataformas Educativas en la enseñanza de la física

Se ha señalado la importancia de las TIC en los diferentes campos disciplinares de la educación, pero, ¿cuál es el papel trascendental en la física de aceleradores? es convertir un objeto intangible en un modelo funcional y explicable, donde las diferentes herramientas permiten generar simulaciones y aproximaciones a eventos que sólo en los laboratorios del CERN o relacionados pueden por medio de *los instrumentos científicos más complejos estudiar los componentes básicos de la materia*². Es en ese punto donde cada una de las herramientas web y su potencial sirven para experimentar y recrear situaciones derivadas del concepto de aceleradores de partículas, Un ejemplo particular es la emisión termoiónica, generando un haz de partículas, es posible recrearlo por medio de un archivo multimedia en video o gif, que pertenecen a la amplia gama de los Objetos Virtuales de Aprendizaje OVA.

Los OVA son “*un conjunto de recursos digitales, auto contenible y reutilizable, con un propósito educativo y constituido por lo menos de tres componentes internos, actividades de aprendizaje y elementos de contextualización. El objeto de aprendizaje debe tener una estructura de información externa (metadatos) que facilite su almacenamiento, identificación y recuperación*”³ y su propósito fundamental, en este trabajo, es el de modelar situaciones que

²http://www.csic.es/web/guest/buscar?p_p_state=maximized&_contentviewerservice_WAR_alfresco_packportlet_struts_action=/contentviewer/view&p_p_id=contentviewerservice_WAR_alfresco_packportlet&_contentviewerservice_WAR_alfresco_packportlet_nodeRef=workspace://SpacesStore/46b4e775-42ed-408e-bdab-c363a5fb2f79

³<http://www.colombiaaprende.edu.co/html/directivos/1598/article-172369.html>

permitan hacer visibles los fenómenos de aceleradores de partículas, también es de carácter explicativo al tener en cuenta la definición de los conceptos articulado con una asociación analógica que tiene como fin hacer evidente lo que sucede en cada uno de los casos.

Un video o un gif, en la presente propuesta deben entenderse como una secuencia de fotogramas, lógicamente enlazados para reproducir una secuencia de imágenes que modela un fenómeno provisto de complejidad, que permitirá revisar a detalle cada momento del mismo para estudiar las fuentes, líneas de transporte, proceso de aceleración y direccionamiento del haz de partículas. Los otros elementos a tener en cuenta como texto, infografías e imágenes son de índole explicativo y son recursos enlazados que permiten la interoperabilidad entre los OVA.

Los OVA han adquirido importancia en el transcurso del tiempo ya que permiten conectar los procesos educativos con las TIC además de ser considerados como una herramienta que permite impulsar los procesos educativos como lo menciona Cabrera J., Sánchez, I. & y Rojas, F. (2016) [26] ⁴ así mismo, se pretende que las personas puedan comprender el funcionamiento del acelerador de partículas LHC y las aplicaciones que este tiene en la sociedad, por medio de un modelo virtual y la realización de actividades específicas propendiendo el direccionamiento de conceptos relacionados con la temática como lo menciona el Ministerio de Educación Nacional MEN ⁵, por lo cual los OVA hacen una parte esencial de este proyecto, al permitir la interacción entre la herramienta y el estudiante, y a futuro generar espacios de trabajo colaborativo donde se establezca una plataforma educativa y esto lleve a crear Ambiente Virtual de Aprendizaje.

Al incorporar un conjunto de OVA, a una secuencia didáctica coherente se obtiene un AVA en donde *“las interacciones entre participantes ocurren en el ambiente mediados por las herramientas proporcionadas, estas interacciones educativas transforman los espacios propuestos en plazas donde se proponen y comentan ideas. La interacción puede ser síncrona (Chat, MUDs y mensajería instantánea) y asíncrona (correo electrónico y foros en web). Las ocurrencias de las interacciones puede suceder uno a uno, uno a muchos y muchos a muchos”*. (Miranda, A. 2004) [27]

Los AVA son espacio virtual de contenidos digitales que se circunscriben en un programa curricular con objetivos, contenidos, estrategias, actividades de aprendizaje y evaluación, donde el docente cumple el papel de asesor y/o facilitador de conocimientos, colocando a disposición de los educandos tecnologías de punta, material didáctico y recursos de información. (López, A. et al, 2009) [28], por definición es todo lo que debe ser un club de ciencias, que promueve el uso de las tecnologías web y las incorpora a la enseñanza, vistas no solo

⁴“Uso de objetos virtuales de aprendizaje OVAS como estrategia de enseñanza “ aprendizaje inclusivo y complementario a los cursos teóricos “ prácticos” . Una experiencia con estudiantes del curso física de ondas. Rev. Educación en Ingeniería, 11 (22), 4-12, Julio, 2016.

⁵“Un conjunto de recursos digitales que puede ser utilizado en diversos contextos, con un propósito educativo y constituido por al menos tres componentes internos: contenidos, actividades de aprendizaje y 51 elementos de contextualización. Además, el objeto de aprendizaje debe tener una estructura de información externa (metadato) para facilitar su almacenamiento, identificación y recuperación”.

como una herramienta de indagación y preparación a contenidos más complejos, sino como un ambiente de aprendizaje que genera flexibilidad ante un nuevo bagaje académico.

4.1.3. Plataformas Educativas, Wix como herramienta para editar y crear contenidos didácticos

Hoy en día la tecnología provee a la sociedad académica de un sin número de plataformas educativas, que sugieren que el docente sea un administrador de sitio, que configure cada una de las herramientas que guiarán paso a paso el camino creado para el desarrollo de contenidos, permitiendo ser un superusuario, es decir un creador y organizador de contenidos, es por ello que su implementación es relevante en el club de ciencias.

El colegio IED Cortijo Vianey, cuenta con una plataforma educativa para que los docentes y estudiantes desarrollen contenidos de índole institucional. Este espacio web, en palabras de Azorín, C. (2015) al a citar Cañizares (2013) [29] es una herramienta que permite la creación de web didácticas, las cuales abre un abanico de posibilidades educativas al permitir la incorporación de material multimedia como texto, animaciones, entre otros. En este sentido Wix, es una herramienta indispensable para abordar este proyecto, además presenta una interfaz de fácil acceso y manejo, permitiendo navegar en forma de hipertexto entre las diferentes páginas creadas, de esta manera es posible crear un entorno de aprendizaje que contribuye a apoyar las actividades y los conceptos de producción, direccionamiento y aceleración del haz, contenidos a trabajar en la física de aceleradores, apoyados en archivos multimedia para la modelación de fenómenos.

Si bien existen plataformas educativas especializadas como Moodle, blackboard, edmodo, edu 2.0, entre otras. Wix es un editor online que permite crear páginas web con diversos fines entre ellos el educativo, es necesario asumir el reto como futuro docente en la creación de un espacio interactivo con fines académicos, optimizando cada una de las herramientas, y se apoyándose en otros softwares para la creación de cada uno de los OVA que sustentan la propuesta, uno de ellos es blender, perteneciente al privilegiado grupo de software con licencia creative commons o software libre con el cual se recrearon cada uno de los elementos gifts y videos, teniendo en cuenta que la finalidad principal de este es la de generar modelos, animación y creación de gráficos.

4.1.4. El propósito de las analogías.

El papel de las analogías en la educación hacen parte del pilar de los procesos de enseñanza-aprendizaje, y toma fuerza cuando se trata de dar a entender conceptos abstractos de un universo científico complejo como lo son la física de aceleradores, para Gonzáles, B. (2002) [5] los modelos tienen su papel en relación al progreso de la ciencia, ya que:

- Los modelos facilitan una versión simplificada de un fenómeno producido y por lo tanto concentran la atención sobre los rasgos especiales de dicho fenómeno.
- Estimulan la investigación, sustentando visualizaciones de un fenómeno y proyecciones imaginativas.

Un punto de partida para motivar el trabajo en el club de ciencias, que basa su desarrollo conceptual en la motivación de los estudiantes y maestros en los conceptos de una temática poco o nada estudiada en niveles de escolaridad media.

Reconocer la importancia de las analogías en la enseñanza de los principios y conceptos básicos de aceleradores, con el fin de modelar situaciones desde otra óptica, lleva a reconocer el valor de las representaciones, que a fin con lo propuesto por Raviolo A, Ramírez, P. y López, E. (2010) [30] quienes indican que al asociar a los modelos, imágenes o representaciones se constituye una herramienta para el análisis de un objeto que no puede ser observado directamente. Como es el caso del universo subatómico, motivo por el cual el concepto de analogía ha repercutido en la construcción de nuevas representaciones científicas como lo menciona Laborde, G. (2010) [31] al citar a González, F. (2005), de esta forma la analogía es empleada en la enseñanza con la finalidad de comunicar conceptos nuevos y abstractos ya que permite transferir conocimientos de algo conocido a algo desconocido, es decir la asimilación de conceptos abstractos por parte del estudiante. (Raviolo, A. Aguilar, A. Ramírez, P. López, E. 2011) [32]

Por tal motivo una analogía es una comparación entre dos dominios del conocimiento, un dominio conocido o familiar (análogo) y un dominio desconocido o no familiar, en la cual los objetos que la componen presentan una relación de semejanza entre el objeto y su análogo, de esta forma las analogías son un recurso potencialmente útil en la enseñanza ya que permite alcanzar diferentes objetivos como lo menciona Aragón M, Bonat M, otros (1999) [33] , así como los fundamentos didácticos mencionados por González, B. (2002) [5] , donde sintetiza sus contribuciones a la luz de diversos autores:

- Relacionan los contenidos abstractos con la realidad concreta.
- Son instrumentos *“para sugerir nuevas ideas y hacerlas inteligibles”*.
- Son una herramienta que los profesores pueden utilizar, junto con la experimentación y la demostración, para acrecentar la inteligibilidad y plausibilidad de las explicaciones.
- La analogía puede a veces servir como propósito para resaltar lo que ya es conocido.
- Las analogías facilitan al alumno el ver la Ciencia como un *“progreso del conocimiento”* y refuerzan su potencial imaginativo, creatividad y habilidad para hacer nuevas conexiones entre los dominios.

- Se han realizado pocos estudios de campo del uso de las analogías en el aula. También, pocos estudios han examinado la influencia de las analogías para provocar el cambio conceptual en el alumno. Sin embargo, estos estudios apuntan a un cambio de “orden normal” más que de “orden radical”.
- Aumentan la habilidad de los estudiantes para resolver problemas y comprender textos.

Es aquí en donde el papel de las analogías toma vital importancia, debido a que permite al estudiante la construcción de un conocimiento transmitido a partir de la comprensión de un conocimiento que para él le resulta más familiar.

Para abordar la propuesta se tiene en cuenta la indicación mencionada por Lamborde G (2010) [31], el primer paso es elegir las situaciones de anclaje que se utiliza como referencia al objeto que se quiere representar, en este caso elementos que conforman al LHC, como se puede observar en la figura 4-3, además de estar clasificado como analogías pictóricas, que según González, B. (2002) [5], son aquellas que ayudan al aprendizaje, y permiten mejorar la comprensión de textos de índole explicativa a partir de ilustraciones, debido a que permite a los estudiantes focalizar la atención y construir conexiones.

Para finalizar es importante reconocer, en palabras de González, B. (2002) [5], la analogía “como un intento más de modelizar en aras del aprendizaje. Puede considerarse como un recurso didáctico útil para aplicar en los procesos de enseñanza aprendizaje” y “conecta el nuevo conocimiento con el que ya tienen los alumnos” que es un componente fundamental de la propuesta, utilizar las herramientas web didácticas para construir y modelar fenómenos intangibles y hacerlos enseñables.

4.1.5. Hacia un modelo pedagógico.

Es indudable que cuando se transforma la práctica educativa y se contemplan todos sus elementos, entre ellos la presencialidad, obligatorio en la mayoría de espacios escolares, y la incorporación de herramientas virtuales (plataformas educativas), se podría establecer un formato b-learning, también denominado como blended learning, que es un modelo de aprendizaje semipresencial, definido por Alemany, D. (2007) [34] como: “*aquel diseño docente en el que las tecnologías de uso presencial (físico) y no presencial (virtual) se combinan para optimizar el proceso de aprendizaje*” y el caso de algunos autores que lo toman como una práctica transformadora, Aiello, M. & Willeim, C. (2004) [35] ven en este “*una nueva forma de organizar el conocimiento y la producción, específicamente a través de los que se denomina sociedad red*”. Así, que si la propuesta se enmarca en un modelo pedagógico, este debe atender a las necesidades de la población y los objetivos que se plantean desde la conformación del club de ciencias para la enseñanza de conceptos físicos de aceleradores de partículas.

Desde una óptica más específica para Ardila, M. (2010) [36] El modelo pedagógico b-learning responde básicamente a las necesidades de formar para:

- Apropiar conocimientos, habilidades y destrezas para desempeñarse de manera óptima en cursos de formación presenciales y en ambientes virtuales de aprendizaje.
- Comunicarse e interactuar en contextos de formación generados por el avance de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.
- Interactuar con actores del proceso enseñanza-aprendizaje en el contexto de las tecnologías de vanguardia.

Que son abiertamente los requerimientos en la presente propuesta y que por tanto apoya efectivamente el proceso de enseñanza-aprendizaje, teniendo en cuenta como se afirmó anteriormente, no sólo busca ser avante en un nuevo proceso de enseñanza en niveles de educación media de física de aceleradores, sino que también a posterior se desarrolle a nivel pre gradual. A manera de conclusión lo anterior se resume indicando que gracias a los aciertos de las nuevas tecnologías en la educación, la comunidad académica ocupa un puesto privilegiado, debido a las grandes transformaciones tecnológicas que dieron paso a los objetos virtuales de aprendizaje OVA y a partir de ellos ampliar su mirada y abrir la posibilidad de la creación a los ambientes virtuales de aprendizajes AVA y plataformas educativas, que hoy en día hacen parte del quehacer de quienes ejercen el rol de la educación desde un enfoque social constructivista y un modelo blended learning, que permiten construir conocimiento a partir de la interacción de los usuarios en cada uno de los escenarios que las nuevas tecnologías proveen, resaltando lo que se considera como aprendizaje colaborativo que hace posible la construcción social de conocimiento de los educandos.

Concepto de aceleradores - Blanco (Acelerador de partículas)	Concepto conocido – Análogo (En contexto)
<p>Partículas</p> <p>Fuente de electrones por emisión termoiónica: El proceso de emisión de electrones producido por el aumento de la temperatura de un filamento de material metálico.</p>	<p>Esferas en movimiento</p> <p>Lámpara incandescente: Es un dispositivo cuyo funcionamiento consiste en calentar un filamento con el fin de aumentar la energía cinética de los electrones, logrando escapar de la superficie del filamento.</p>  <p>© picture-alliance/KPA/ Theisser imagen obtenida de http://doraeeugeniagonzalez.blogspot.com.co/p/el-bombillo_8271.html</p>
<p>Fuente de electrones por emisor de campo: es una técnica en donde Los electrones son extraídos de un filamento metálico mediante la aplicación de un campo eléctrico muy intenso.</p>	<p>Clasificación de materiales: Separación magnética, mediante electroimán, para separar los materiales férricos en un basurero.</p>
<p>Fuente de iones por bombardeo de superficies: Se lanzan partículas (electrones) sobre un blanco sólido, con la finalidad arrancar partículas del material y de crear un haz.</p>	<p>Bombardeo</p>  <p>Imagen obtenida de https://www.youtube.com/watch?v=qW1GXdiH5E8</p> <p>Mediante una colisión entre dos cuerpos se puede transferir energía capaz de producir cambios en los estados de movimiento de los cuerpos implicados en la colisión.</p>
<p>Aceleración del haz: Aumento de la energía y el momento del haz de partículas.</p>	<p>Acelerador: Este dispositivo determina la cantidad de energía cinética del motor y por ende, controla la velocidad del automóvil.</p>

	
<p>Aceleración por campo eléctrico DC:</p> <p>En este proceso se utilizan dos electrodos, uno negativo (cátodo) y uno positivo (Ánodo) los cuales están separados a una cierta distancia con una diferencia de potencial definido. Está configuración tiene como consecuencia la generación de un campo eléctrico constante que interactúa con las partículas suministrando energía cinética.</p>	<p>El campo gravitacional en una aproximación local es constante, al interactuar con el esquiador, suministra energía cinética por medio de la interacción gravitacional.</p>  <p>OLALLA CERNUDA. Jan Farrell se desliza por la pista francesa de Vars. /TamTam imagen obtenida de http://www.elespanol.com/deportes/otros-deportes/20160510/123737919_0.html</p>
<p>Cavidades de radiofrecuencia:</p> <p>Estas estructuras son las encargadas de incrementar y modular la energía cinética de las partículas que conforman el haz. Por otro lado, las cavidades están comisionadas para compensar la energía perdida por cada vuelta del haz dentro de las líneas de transporte debido al fenómeno de radiación.</p> <p>El principio básico de funcionamiento al interior de una cavidad de radiofrecuencia es crear una onda guía electromagnética en donde las partículas viajan como si fueran surfistas.</p>	<p>El surfista adquiere energía cinética gracias a la energía suministrada por la ola.</p>  <p>LUNATICS SURF MENORCA. imagen obtenida de http://lunatics-surfmenorca.blogspot.com.co/2014/02/</p>
<p>Dipolos:</p> <p>Generan campos magnéticos que desvían la trayectoria del haz de partículas, siendo estos magnetos dipolares, los encargados de mantener al haz en una trayectoria circular diseñada.</p>	<p>El volante de un vehículo da dirección por medio de rotaciones hacia la derecha o izquierda, este tipo de rotaciones son transmitidas por el sistema de ruedas del automóvil y tomar una dirección determinada. La intensidad del campo</p>

	<p>magnético sería análoga a la rotación del volante con respecto al punto de referencia.</p>  <p>Timón sparco. Imagen obtenida de http://www.todoautos.com.pe/f17/remato-timon-sparco-73654.html</p>
<p>Cuádruplos: Están encargados de la focalización y desfocalización del haz en los planos transversales del movimiento de las partículas. Durante la interacción del haz con los cuádrupolos magnéticos, el objetivo es mantener compacto el haz, con la finalidad de obtener el mayor número de colisiones posibles en los detectores de partículas.</p>	 <p>Una aproximación de los efectos de los cuádrupolos sobre un haz es el uso de la óptica geométrica, en donde los rayos de luz que atraviesan una lente convergente, convergen en un punto en común, contrario a lo que pasa en una lente divergente, donde un rayo de luz que incide paralelo a esta lente diverge.</p>
<p>Líneas de transporte del haz de partículas: Son las encargadas de conducir y confinar el haz de partículas hasta el momento de la colisión (experimento).</p>	<p>Pista: Es un camino cerrado por el cual se puede conducir uno o varios vehículos a altas velocidades debido a su gran longitud.</p>  <p>J. Ferrigo, Bristol, 160.000 espectadores en un circuito de 800 metros. Del primero al último apenas si queda una curva de diferencia. Imagen obtenida de https://carloscastella.wordpress.com/2010/07/17/04-nascar-circuitos-y-carreras-2/</p>

Figura 4-3: Tabla de analogías

5 Desarrollo del sitio web

La propuesta inicial se incorporó y vinculó por petición de la dirección del colegio IED Cortijo Vianey al espacio otorgado por la Secretaría de Educación Distrital SED para el desarrollo web de los colegios, que se indexa a una plataforma WIX¹, cuya plataforma permiten crear páginas web, sin embargo carece de elementos para ser contemplada como plataforma AVA, pues sus funciones de interacción son limitadas y es difícil crear espacios sincrónicos de aprendizaje, sin embargo permite potenciar las herramientas ilustrativas y organizar coherentemente los contenidos, ya que su versátil navegabilidad permite anclar y redireccionar los enlaces.

El espacio web para el club de ciencias contempló el desarrollo de un material en formato web, el cual está constituido por un sub conjunto de páginas en donde se encuentra información sobre **la enseñanza de los conceptos básicos en física de aceleradores aplicados en el LHC**, en formato textual y en formato animado de tal forma que la información esté conectada de manera hipertextual y en formato multimedia, razón por la cual la web es considerada como instrumento tecnológico que disminuye la barrera de espacio tiempo y por ende permitirá que cualquier persona pueda construir su propio aprendizaje, además de ser un material didáctico *"es decir, que han sido creados, y en consecuencia son utilizados, para generar un proceso determinado de enseñanza-aprendizaje"*². Area, M (2003) [37],

5.1. Descripción del sitio web

El sitio web es un conjunto de páginas agrupadas bajo el dominio <https://www.colegiocortijovianey.com/> una vez el usuario ingresa al sitio web lo primero que visualiza es la página principal (portada) del sitio (ver figura (5-1)), allí encuentra, en la parte superior, el banner como presentación del sitio, debajo un menú de navegación y las noticias más recientes con las generalidades del sitio.

La página web cuenta con un menú principal, allí aparece el botón con la opción de ingresar al sitio club de ciencias (ver figura (5-2)).

Una vez colocado el cursor sobre el botón CLUB DE CIENCIAS LHC, se despliega un sub menú de navegación, en donde se encuentra detalladamente la estructura y la extensión del sitio, (Ver figura (5-3)). Al dar clic sobre el botón de club de ciencias LHC se abre una

¹es una plataforma para la creación de sitios web gratis.

²De los webs educativos al material didáctico web

COLEGIO CORTIJO VIANEY I.E.D
"FORMACIÓN DE CIUDADANOS PARTICIPES EN LA CULTURA DE LA DIVERSIDAD"

INICIO BOLETIN SEMANAL PRUEBAS INSTITUCIONALES INSTRUMENTOS PEDAGOGICOS QUIENES SOMOS? CLUB DE CIENCIAS LHC MAS

BIENVENIDO A NUESTRO COLEGIO CORTIJO VIANEY
El sendero del conocimiento es el un camino ancho y extenso por El cual quienes pertenecemos a colegio CORTIJO VIANEY, vamos de la mano de la convivencia y de la exigencia, buscando acercarnos un poco más a la disciplina y al entendimiento de nuevas formas de alcanzar las metas que en nuestro contexto nos ayudara a salir adelante.
Nuestra institución es un espacio abierto a la inclusión de niños con...

En Nuestro Colegio se Rinden Cuentas
Publicado el 26 de Abril de 2017

ESTADO DE CAMBIOS EN LA SITUACION FINANCIERA, ECONOMICA, SOCIAL Y AMBIENTAL
AL 9 DE DICIEMBRE DE 2016
COLEGIO "EL CORTIJO VIANEY" I.E.D
CARRERA 2 A No.74 B Bta-00 Sur
NIT: 830.038.890

VENTA DE SERVICIOS		GASTOS	
SERVICIOS EDUCATIVOS		ADMINISTRATIVOS	
Transporte y comunicaciones	\$ -	Comisiones, Honorarios y Servicios	\$ 10.348.837
Salidas pedagógicas	\$ -	Materiales y suministros	\$ 45.874.506
Provisión de Servicios Recursos ICPEE Grado 11	\$ 3.388.500	Mantenimiento y reparaciones	\$ 47.607.703
Certificación y Contratación	\$ 375.900	Servicios Públicos	\$ 2.511.033
OTROS INGRESOS	\$ -	Impresos y Publicaciones Suscripciones	\$ -
Servicios Educativos	\$ -	Comunicación y Transporte	\$ 3.669.540
TRANSACCIONES FINANCIERAS	\$ -	Reparaciones	\$ 13.987.240
Para Gastos de Funcionamiento	\$ -	GASTO SOCIAL	\$ -
Recursos Ministerio de Educación (E.G.P.)	\$ 118.139.354	Beneficios	\$ -
Recursos propios Distritales S.E.D	\$ 17.081.508	OTROS GASTOS	
Programas de Educación	\$ -	Comisiones y Otros Gastos Bancarios	\$ 523.104
Recursos propios Distritales	\$ -	Ajustes a Ejercicios Anteriores	\$ 19.140
OTROS INGRESOS	\$ -	Acumulado - I	\$ 2.153
FINANCIEROS	\$ -	Beneficios Impugnados (E.P. S.O.S)	\$ 600.834
Rendimientos Financieros (Banco Bogota Ahorro)	\$ 242.489	COSTOS DE VENTAS DE SERVICIOS	
Rendimientos Financieros (CDTs)	\$ -		
OTROS INGRESOS ORDINARIOS	\$ -		

Figura 5-1: Interfaz principal de navegación del usuario.

pantalla como la mostrada en la figura 5-4, en donde el usuario encuentra material multimedia (video de la estructura del acelerador LHC), así como un mensaje de bienvenida y el propósito de la creación de la página web, además del botón de ingreso el cual lo direcciona a la página principios básicos de aceleradores de partículas y un contador de visitas a la página web.

El usuario al dar un clic sobre el botón ingresar accede a una nueva página en donde se encuentra la estructura de los contenidos (índice), una presentación abreviada de cada uno de ellos y sus respectivos hipervínculos, en la figura 5-5. En la parte superior encuentra cuatro botones, el primero Fuente de partículas, aceleración, el tercero línea de transporte y el cuarto aplicaciones.

La estructura de los contenidos de la página están organizados de carácter hipertextual (ver figura (5-6)), lo que le permite al usuario una búsqueda de la información más efectiva e hilar una relación entre los conceptos, así como el observar animaciones, también se encuentra botón de re direccionamiento entre las páginas.

Para ir a cada una de las temáticas relacionadas y navegar por la página solo hay que dar clic en cada una de las temáticas relacionadas, a modo de ejemplo si el usuario da clic en el botón fuente de partículas se abrirá la página fuente de partículas, pero si el usuario le da clic en la animación emisión termoiónica, este será conducido al texto relacionado, en cada una de las secciones el usuario visualiza en su pantalla la base teórica y un video, así como el botón de redireccionamiento.

Entre las actividades creadas para afianzar e integrar los conocimientos adquiridos en la física de aceleradores aplicadas al LHC, se proponen:

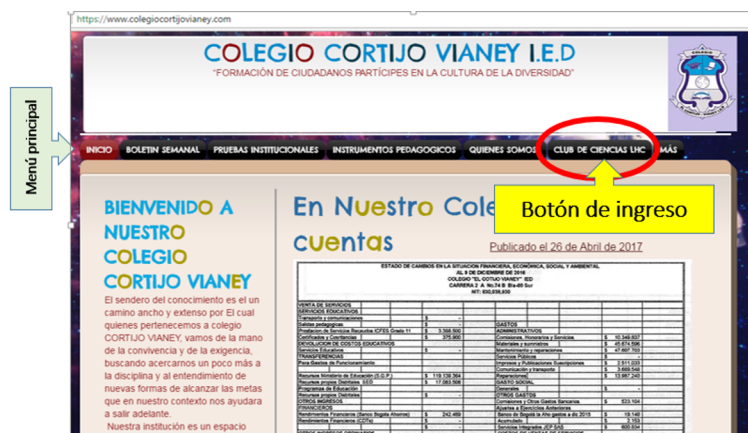


Figura 5-2: Menú principal y botón de ingreso



Figura 5-3: Botón de ingreso y submenú

Asociación de cada instrumento con su respectiva función. (ver figura (5-9)) Objetivo: identificar la función específica que cumple cada uno de los componentes del LHC.

Identificación de los instrumentos que conforman el LHC, (ver figura (5-10)) Objetivo: Reconocer los elementos que conforman el LHC. Relación entre elementos que cumplen similares funciones, (ver figura 5-11) Objetivo: Relacionar la función o semejanza entre dos objetos diferentes a través de representaciones analógicas



Figura 5-4: Pantalla de los principios básicos en física de aceleradores.

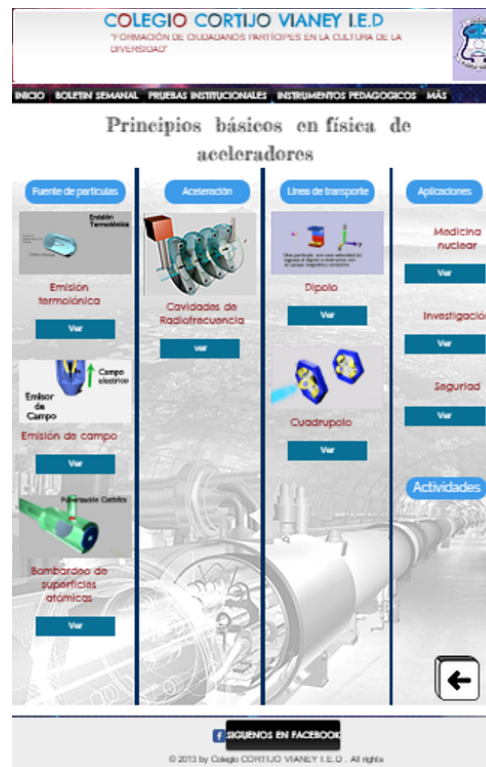


Figura 5-5: Índice de los principios básicos en física de aceleradores.



Figura 5-6: Vista en pantalla

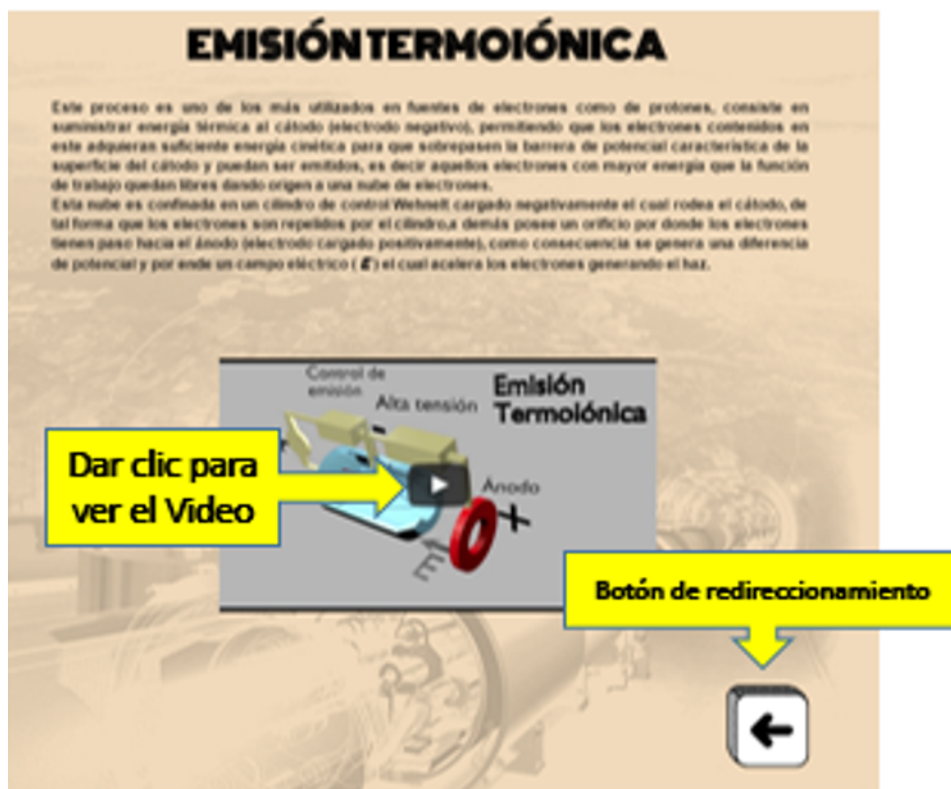


Figura 5-7: Vista en pantalla



Figura 5-8: Estructura central de la página web



Figura 5-9: Actividad de asociación.



Figura 5-10: Actividad de identificación de los componentes del LHC.



Figura 5-11: Relación entre elementos.

6 Conclusiones

6.1. Conclusiones

- Con respecto a los conceptos físicos relacionados a la física de aceleradores, cabe señalar la importancia del lenguaje en los procesos de enseñanza-aprendizaje, la necesidad de escalar en el lenguaje, de ser parte activa en la reconfiguración y reconstrucción de conceptos de una manera más simple, evidencia claramente la álgida función que cumplen para que la comunicación entre los actores sea asertiva.
- Las TIC como herramienta que potencia el conocimiento en las ciencias disciplinares, en este caso de la física, denota una vital importancia en la modelación de fenómenos que comúnmente no se pueden recrear en un laboratorio de clases de las instituciones educativas. Un gran número de aplicaciones y software libre que hay en la web hacen parte del acervo de herramientas que contribuyen a promover una cultura digital, por tanto es necesario sensibilizar a los docentes para que sean parte activa de esta generación del conocimiento e información.
- Es importante reconocer y resaltar la importancia desde una visión sistémica sobre los modelos pedagógicos, las herramientas, los recursos y las estrategias de enseñanza, abriendo la posibilidad de configurar y articular todos los componentes en pro de una propuesta que no hace parte del currículo tradicional y potencia espacios de desarrollo académico, que incentiva a la investigación y aportan a la comunidad educativa.
- Este primer acercamiento a la enseñanza de la física de aceleradores en el LHC en espacios académicos de educación media, abre las puertas a que nuevas iniciativas se enfoquen en temas relacionados y se profundicen en el mismo nivel de escolaridad y sea ejemplo a futuro en espacios de educación superior, en especial pre-gradual denotando la necesidad de implementación en cada uno de sus currículos, promoviendo la creación de asignaturas enfocadas a la enseñanza de este tópico representativo, que como se ha dicho en varios ocasiones están a la vanguardia en el desarrollo de la sociedad.

Bibliografía

- [1] Wiedemman H. Particle accelerator physics. *Springer, 2007, p. 47, 192,210,211,276, 3rd ed.*
- [2] CERN. Overview schematic shows the four main experiments and the two ring structure of the lhc, Recuperado de: https://lhc-machine-outreach.web.cern.ch/lhc-machine-outreach/lhc_in_pictures.htm.
- [3] Ostermann F. & Moreira M. Física contemporánea en la escuela secundaria: una experiencia en el aula involucrando formación de profesores. enseñanza de las ciencias. 2000.
- [4] Concari S. Pozzo R. & Giorgi S. Un estudio sobre el rozamiento en libros de física de nivel universitario . enseñanza de las ciencias (273- 280). 1999.
- [5] González B. Las analogías en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencia de la naturaleza. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 2002.
- [6] Rivas. B. Un nuevo paradigma en educación y formación de recursos humanos. *Caracas Venezuela. Arte S.A*, 1996.
- [7] Edward. D & Sypphers. M. An introduction to the physics of high energy accelerators. 1993.
- [8] Lee. S. *Accelerator Physics*. World scientific edition, 1999.
- [9] Wilsin E. An introduction to particle accelerators. 2001.
- [10] Sarta J. El ciclotrón como fundamento de desarrollo científico. *Ingeniería. Vol. 5 Núm 1.*, 2000.
- [11] Cortes .J. Principios físicos de los aceleradores de partículas (ap) y su aporte al desarrollo de la física de altas energías. *Universidad pedagógica Nacional. Colombia.*, 2006.
- [12] Osorio J. Prieto M. & Infante E. Implementación de las tic en la enseñanza de la física, factibilidad y eficacia en nuestro país. *Ingeniería. Vol. 5 Núm 1.*, 2011.
- [13] Ramos. W. El uso de las tic y los diagramas de pensamiento en la enseñanza de la física. *Gondola . Vol 4. Pp 6-8.*, 2009.

- [14] Pulido. W. La didáctica de la física como investigación en la enseñanza de la física. *Gondola . Vol 4. Núm 1.*, 2009.
- [15] Torres. A. & Vacca. H. Rodríguez. F. Estudio con análisis por elementos finitos de sistemas analógicos circuitales en física. *Visión Electrónica Pp 98-103.*, 2012.
- [16] Humphries. S. Principles of charged particle accelerator.p.31. *Department of Electrical and Computer Engineering*, 1986.
- [17] CERN. The large hadron collider. *Recuperado de: <http://cds.cern.ch/record/1998498>*, 2014 01 21.
- [18] CPAN. El gran colisionador de hadrones (lhc). *<https://www.i-cpan.es/es/content/el-gran-colisionador-de-hadrones-lhc>*.
- [19] CERN. Atlas. *Recuperado de: <http://cds.cern.ch/record/1997264>*, 2012-2017.
- [20] CERN. Cms. *Recuperado de: <http://cds.cern.ch/record/1997263>*, 2012 02 08.
- [21] CERN. Alice. *Recuperado de: <http://cds.cern.ch/record/1997265>*, 2012 02 08.
- [22] CERN. Lhcb. *Recuperado de: <http://cds.cern.ch/record/1997262>*, 2012 02 08.
- [23] EDUTEKA. Estándares unesco de competencia en tic para docentes. *Consultado el 14 de marzo de 2017. Recuperado de: <http://eduteka.icesi.edu.co/articulos/EstandaresDocentesUnesco>*, 2008.
- [24] Riascos. S. Quintero D. & Ávila G. Las tic en el aula: percepciones de los profesores universitarios. *Redalyc, Vol. 12, Núm. 3, pp. 133 157.*, diciembre, 2009.
- [25] Rojano. T. Incorporación de entornos tecnológicos de aprendizaje a la cultura escolar: proyecto de innovación educativa en matemáticas y ciencias en escuelas secundarias públicas de México. *La Revista Iberoamericana de Educación 33.*, 2006.
- [26] Sánchez I. & Rojas F. Cabrera, J. Uso de objetos virtuales de aprendizaje ovas como estrategia de enseñanza “ aprendizaje inclusivo y complementario a los cursos teóricos “ prácticos. una experiencia con estudiantes del curso física de ondas. *Educación en Ingeniería, 11 (22), 4 12.*, 2016.
- [27] Miranda. G. De los ambientes virtuales de aprendizaje a las comunidades de aprendizaje en línea., pg 6. *Revista Digital Universitaria ISSN: 1067-6079*, 2004.
- [28] López A. & otros. Ambientes virtuales de aprendizaje. *Recuperado de: www.comunidades.ipn.mx/.../168ambientes%20virtuales%20de%20aprendizaje*, 2009.

-
- [29] Azorín C. Integración pedagógica de wix en educación primaria. *Revista de Medios y Educación*, núm. 47, 163 177, 2015.
- [30] Raviolo A. Ramírez P. & López E. Enseñanza y aprendizaje del concepto de modelo científico a través de analogías 581 612. 2010.
- [31] Laborde G. Las analogías como estrategia en la enseñanza. *Recuperado de: <http://www.uruguayeduca.edu.uy/Portal.Base/Web/VerContenido.aspx?ID=206145>*, 2010.
- [32] A. Ramírez P. López E. Raviolo, A. Aguilar. Dos analogías en la enseñanza del concepto de modelo científico Análisis de las observaciones de clase. *Rev. electrón. investig. educ. cienc. vol.6 no.1 Tandil*, 2011.
- [33] Aragón M. Bonat M. & otros. Las analogías como recurso didáctico en la enseñanza de las ciencias. *Revista, Alambique 21*, 1999.
- [34] Alemany D. blended learning: modelo virtual-presencial de aprendizaje y su aplicación en entornos educativos. *Departamento de Comunicación y Psicología Social Universidad de Alicante.*, 2007.
- [35] Aiello M. & Cilia W. El blended learning como práctica transformadora. pixel-bit. *Revista de Medios y Educación*, 23, 21 26., 2004.
- [36] Ardila. M. Modelo pedagógico b-learning. *revista educación y desarrollo social*, vol4, 38 55. 2010.
- [37] Area. M. De los webs educativos al material didáctico web. *Comunicación y pedagogía*, Pp 32-38, 2003.