



( ORCID: 0000-0002-6588-4105 ) ( ORCID: 0000-0001-8394-1065 )

## Beamline: una experiencia de aprendizaje sin límites

Beamline: chichua uco chitequensucaza.

**Autores:** William Garzón Moreno. Magíster en Educación, Universidad Militar Nueva Granada.

Licenciado en Química, Universidad Pedagógica Nacional.

Docente de Tecnología I.E.O. Diversificado. Correo electrónico: [william.garzon@live.com](mailto:william.garzon@live.com).

Angie Lorena Hernández Cuesta. Licenciada en Física, Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Docente de Física I.E.O. Diversificado. Correo electrónico: [angie.hernandez@conaldi.edu.co](mailto:angie.hernandez@conaldi.edu.co)

### Resumen

Esta investigación propone una sistematización de la experiencia de innovación pedagógica, que tuvo como desafío el concurso internacional de física Beamline for Schools, organizado por el Organismo Europeo de Investigación Nuclear (CERN). Éste se encuentra dirigido a estudiantes de secundaria de todo el mundo para fomentar el aprendizaje respaldado por: la inteligencia artificial y los procesos de inclusión en el aula. Además de la descripción de las actividades que permitieron completar un objetivo realmente desafiante para cualquier estudiante de grado décimo o undécimo, se realizó un diseño experimental que pudiera efectuarse en un acelerador de partículas, y cumpliera con los requisitos del concurso. Las actividades involucradas estuvieron enmarcadas en la creación de un equipo de estudiantes y el desarrollo de todas las experiencias necesarias para la construcción del conocimiento que requirió dicha propuesta. El desempeño del equipo de estudiantes reveló sus habilidades acordes al siglo XXI; además del desarrollo de destrezas en el uso apropiado de herramientas de inteligencia artificial.

Es importante resaltar que, todo el proceso involucró la inclusión de un estudiante con discapacidad cognoscitiva. Por último, pero no sin menor importancia, nunca existieron notas, valoraciones o calificaciones presentes en la experiencia.

**Palabras clave:** aprendizaje sin límites, muón, antimuón, acelerador de partículas, inteligencia artificial, IA, inclusión.

### Abstract

This research proposes a systematization of the pedagogical innovation experience, which was challenged by the international physics competition Beamline for Schools, organized by the European Agency for Nuclear Research (CERN). This is aimed at high school students around the world to promote learning supported by: artificial intelligence and inclusion processes in the classroom. In addition to the description of the activities that allowed the completion of a truly challenging objective for any tenth or eleventh grade student, an experimental design was made that could be carried out in a particle accelerator, and would meet the requirements of the contest. The activities involved were framed in the creation of a team of students and the development of all the experiences necessary for the construction of the knowledge that said proposal required. The performance of the student team revealed their skills in line with the 21st century; in addition to the development of skills in the appropriate use of artificial intelligence tools.

It is important to highlight that the entire process involved the inclusion of a student with a cognitive disability. Last but not least, there were never any notes, evaluations or qualifications present in the experience.

**Keywords:** no-limits learning, muon, antimuon, particle accelerator, artificial intelligence, AI.

### Resumo

Esta pesquisa propõe uma sistematização da experiência de inovação pedagógica que desafiou o concurso internacional de física Beamline for Schools, organizado pela Organização Europeia para Pesquisa Nuclear (CERN). Destina-se a alunos do ensino médio de todo o mundo para promover o aprendizado apoiado por: inteligência artificial e processos de inclusão em sala de aula. Além da descrição das atividades que permitiram a realização de um objetivo realmente desafiador para qualquer aluno do décimo ou décimo primeiro ano, foi feito um projeto experimental que poderia ser realizado em um acelerador de partículas e que atendia aos requisitos do concurso. As atividades envolvidas foram estruturadas em torno da criação de uma equipe de alunos e do desenvolvimento de todas as experiências necessárias para a construção do conhecimento exigido para tal proposta. O desempenho da equipe de alunos revelou suas habilidades do século XXI, bem como o desenvolvimento de habilidades no uso adequado de ferramentas de inteligência artificial.

É importante ressaltar que todo o processo envolveu a inclusão de um aluno com deficiência cognitiva. Por último, mas não menos importante, a experiência nunca teve nenhuma nota, avaliação ou classificação.

**Palavras-chave:** aprendizagem ilimitada, múon, antimúon, acelerador de partículas, inteligência artificial, IA, inclusão.

## Introducción

¿Es posible que la inteligencia artificial revolucione los límites del aprendizaje, a través de herramientas que formulan nuevas formas de acceso a la divulgación científica? Los conceptos del modelo estándar de la física de partículas no suelen ser parte de la conversación de los estudiantes de secundaria; tampoco son una parte significativa de los conceptos curriculares del área de ciencias naturales. Este artículo se enfoca en examinar cómo la IA ha transformado la experiencia que permitió volver no sólo cotidiano, sino necesario, esta herramienta en un grupo de estudiantes. Al aceptar el desafío de presentarse al concurso internacional de física (Beamline for Schools) en Ginebra, Suiza, se enfrentaron a la necesidad de adquirir los conocimientos y desarrollar un trabajo en equipo consistente que les permitiera llegar a un objetivo común. Todo orientado bajo el modelo de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), metodología que permite la adquisición de conocimientos y competencias mediante la elaboración de proyectos que den respuesta a problemáticas o retos de la vida real. Esta metodología permite que los estudiantes adquieran una serie de estrategias y herramientas que les posibilite resolver problemas, incluso en temas de carácter científico.

Beamline for Schools (BL4S 2023)[<https://beamlineforschools.cern/>], es un concurso abierto a todos los estudiantes de secundaria en el mundo que, debido a su gran complejidad, no recibe un número amplio de participantes. Para este año se recibieron 379 propuestas de 63 países diferentes. La propuesta aquí sistematizada fue producto de esta experiencia, y la única en Colombia (BL4S 2023)[<https://beamlineforschools.cern/editions/2023-edition>], a pesar de que en Colombia hay más de 13.700 colegios, tal como se reseña en: Así está la pirámide de la educación (2022). *Cambio* [<https://cambiocolombia.com/articulo/peso-peso-paso-paso/asi-esta-la-piramide-de-la-educacion>].

El diseño de esta metodología tiene tres componentes notables: en primer lugar, no involucra ningún tipo de nota, valoración o calificación; en segundo lugar, se ha compuesto el grupo de manera deliberada, de tal forma que incluyera un estudiante de capacidades diversas y, en tercer lugar, se hizo evidente y necesario el uso de herramientas básicas de la IA, que se encuentran actualmente a disposición para hacer uso de los conceptos científicos investigados, y lograr el objetivo propuesto en el proyecto experimental para el concurso.

De acuerdo con Hans Aebli (1991) el aprendizaje se realiza en el proceso de ejecución de las actividades, como un producto bien sea principal o secundario. Para ello se requiere que la actividad tenga éxito y que el aprendiz sea capaz de notarlo; así que también está ligado al hecho que el estudiante disponga de capacidades y medios adecuados a la tarea. “Ésta debe ser adecuada a su capacidad de rendimiento, ni muy fácil ni muy difícil” (Aebli, 1991, p. 20).

Una de las características fundamentales que se buscó activamente en el grupo de estudiantes, fue su capacidad de compromiso más allá de su rendimiento académico; esencial para orientar a los participantes hacia la solución de problemas. Dicho nivel se promovió a través de la realización de una serie de retos, actividades y tareas donde era necesario la modulación, entendida como la capacidad de plantear un problema grande en partes más pequeñas o módulos. Así lo expone Jeannette Wing (2006) al dar cuenta sobre el pensamiento computacional, y lo que permite al hacer uso de una amplia gama de herramientas mentales, que favorecen el entendimiento y la resolución de dichos problemas.

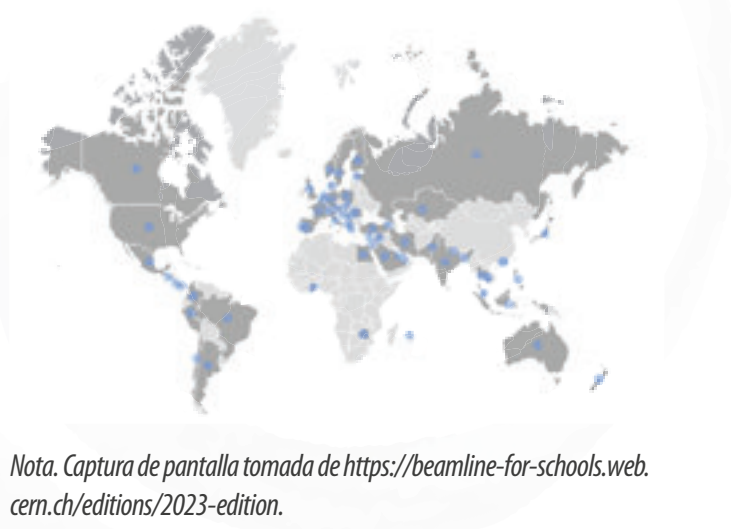
Este proyecto se realizó con seis estudiantes de grado undécimo y un estudiante de grado décimo. Se les plantearon preguntas que daban cuenta no de su presente, sino de aquellas capacidades que son necesarias para ser las personas protagonistas de un mañana con nuevos retos que asumir. “Resulta esencial brindar apoyo a los estudiantes para que cultiven competencias y habilidades meta-cognitivas desde las etapas más tempranas de la educación formal el desarrollo de competencias del siglo XXI y no debe retardarse ni restringirse sólo a estudiantes de nivel superior” (Scott, 2015, p. 2, Traducción libre).

## Antecedentes

Beamline for Schools (BL4S) es un concurso de física para estudiantes de secundaria de todo el mundo, organizado por el CERN (Laboratorio Europeo de Física de Partículas), en Ginebra, Suiza y el DESY (Sincrotrón Electrónico Alemán), en Hamburgo, Alemania. Para este concurso los equipos de estudiantes de secundaria pueden proponer un experimento que quieran realizar, en una línea de luz, es decir, en una parte de un acelerador de partículas. Aquellos equipos que presentan las tres mejores propuestas, ganan un viaje al CERN o DESY para realizar sus experimentos en una línea de luz totalmente equipada

## Figura 1

*Países participantes en BL4S 2023*

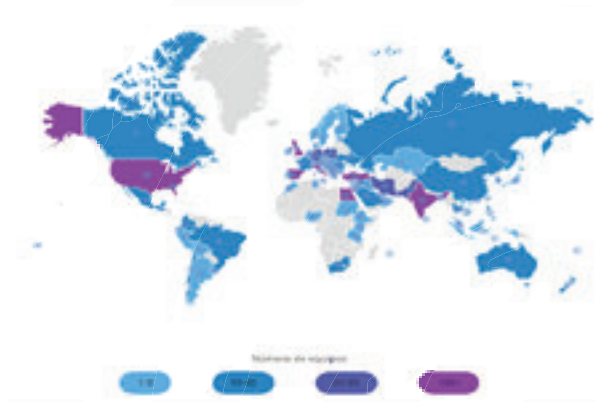




En 2023, Beamline for Schools celebró su 10ª edición con 379 propuestas de equipos que representaron a 63 países. Más de 2500 estudiantes de secundaria de todo el mundo aceptaron el desafío de planificar un experimento de física de partículas. En esta ocasión, aquellos participantes que presentaron una propuesta bajo las condiciones estipuladas, recibieron una certificación. Cada círculo en el mapa señala los países participantes en la edición 2023. Para el caso de Colombia, el círculo representa al equipo de estudiantes y docentes mencionados en esta experiencia llamado Positive.

**Figura 2**

*Número de equipos y países participantes en BL4S*



*Notas: Captura de pantalla, tomada de: <https://beamline-for-schools.web.cern.ch/editions/all-editions>.*

*De Colombia han participado en total 11 equipos desde que inició el concurso BL4S en 2014, distribuidos de la siguiente forma:*

**Tabla 1**

*Equipos participantes de Colombia en BL4S por año*

Año	Número de Equipos
2023	1
2022	1
2021	2
2020	1
2019	2
2018	1
2014	3

**Contexto**

La Institución Educativa Diversificado de Chía ha tenido una larga tradición, en la cual se ha desarrollado la Feria Técnica, que consiste en la realización de una muestra escolar donde los estudiantes, haciendo uso de las diferentes especialidades de sus áreas técnicas, presentan proyectos que les permite demostrar las habilidades adquiridas en cada una de ellas. Sin embargo, cabe señalar que la participación en concursos

de ciencias no ha tenido una gran divulgación, de modo que en esta ocasión se le buscó dar mayor relevancia, haciendo parte del concurso Beamline For Schools. Se decidió, además, que a causa de los procesos que ha liderado la Institución en temas de inclusión, desde hace más de 10 años en el municipio, se requería hacer uso de tal premisa invitando a un estudiante con discapacidad cognitiva; pero también asegurando que todos los estudiantes, independientemente de su nivel de habilidad inicial, tuvieran la oportunidad de participar y crecer académicamente. La institución cuenta actualmente con más de 220 estudiantes de grado undécimo y más de 240 estudiantes de grado décimo. Además, las instalaciones de la institución cuentan con conectividad permanente a internet y diversas salas de informática.

**Población y muestra**

Esta experiencia investigativa se desarrolló con un grupo de siete estudiantes de la Institución Educativa Diversificado de Chía entre las edades de los 14 y 18 años, dos mujeres y cinco hombres respectivamente. Entre estos, seis de los estudiantes correspondieron al grado undécimo y uno al grado décimo. Estuvieron seleccionados directamente por invitación de los autores de la experiencia, tomando como base el conocimiento previo de su desempeño académico general, haciendo especial énfasis en el nivel de compromiso que habían demostrado previamente desde la perspectiva (subjetiva) de los docentes.

**Marco teórico**

Este documento relata una experiencia de innovación pedagógica diseñada bajo la metodología del Aprendizaje Basado en Proyectos. El ABP ha demostrado ampliamente ser un vehículo que facilita el camino de los estudiantes para que se apropien de su proceso de aprendizaje, así como también, de los contenidos curriculares a través de un objetivo claro fijado a largo plazo.

De acuerdo con la definición que proponen los manuales de ABP para profesores, el aprendizaje basado en proyectos es un conjunto de tareas de aprendizaje basada en la resolución de preguntas y/o problemas, que implica al alumno en el diseño y planificación del aprendizaje, en la toma de decisiones y en procesos de investigación, dándoles la oportunidad para trabajar de manera relativamente autónoma durante la mayor parte del tiempo, que culmina en la realización de un producto final presentado ante los demás (Jones, Rasmussen, & Moffitt, 1997).

Adicional a esto, cuando se asigna un objetivo de aprendizaje concreto y claro a un estudiante, y se le brindan las herramientas necesarias para que lo consiga, pero adicionalmente se le acompaña en cada paso, las posibilidades de éxito mejoran considerablemente. Tomando esto en cuenta, “la IA tiene un fuerte potencial para acelerar el proceso de realización y desarrollo de los objetivos globales en torno a la educación mediante la reducción de las dificultades de acceso al aprendizaje, la automatización de los procesos de gestión y la optimización de los métodos que permiten mejorar los resultados en el aprendizaje” (Moreno, 2019).

## Objetivos

### Objetivo general

El objetivo principal fue participar en el concurso enviando una propuesta válida y se cumplió a cabalidad. Desde el primer momento se tenía claro que ser uno de los tres equipos finalistas no era una meta creíble ya que se contaba con una serie de desventajas enormes: en primer lugar, todo el concurso y la correspondencia, así como los documentos proporcionados, eran en inglés; en segundo lugar, los equipos de países desarrollados generalmente cuentan con el apoyo de docentes universitarios con nivel de PhD en física o científicos que trabajan en laboratorios avanzados o en los mismos aceleradores de partículas.

### Objetivos específicos

Los objetivos del concurso consistían en enviar un documento científico en inglés con la explicación de la configuración experimental requerida en el acelerador de partículas. Además, se requería enviar un video de un minuto en inglés con la explicación del experimento propuesto. Gracias al cumplimiento de los objetivos, cada miembro del equipo obtuvo un certificado de participación y cumplimiento.

### Aprendizaje sin límites

Uno de los resultados más valiosos tiene que ver con el hecho de haber realizado un verdadero proceso de inclusión que le ha dado nombre al artículo: Aprendizaje sin límites.

### Figura 3a



La verdadera inclusión se logra cuando no hay distinciones entre individuos, porque de algún modo todos somos diferentes. Inclusión es cuando apoyamos a todos los integrantes del equipo y los animamos a seguir adelante cuando las cosas no se ponen fáciles. En esta experiencia excluimos dos cosas durante todo el tiempo: nuestros límites y las calificaciones. Y quizás, el otro aspecto que merece ser resaltado es que el aprendizaje no estuvo ligado a ninguna valoración académica y todas las etapas fueron desarrolladas de manera voluntaria tanto por docentes como por estudiantes sin que esto afectara el desarrollo normal de las actividades escolares.

### Figura 3b



La ganancia que recogemos al final de la experiencia es la equidad. Esta vez la dimensión pedagógica estuvo enfocada en realizar actividades académicas demandantes, que involucraran a todos los estudiantes sin realizar ninguna clase de distinción. Lo que tuvo como resultado una didáctica adecuada.

A su vez, fue preciso reconocer que la realidad de nuestros estudiantes y de nosotros mismos está cambiando, y en este sentido, debemos primero guiar antes que prohibir el uso de las nuevas tecnologías; lo que podría describirse como didáctica actualizable. El uso de Inteligencia Artificial no debe ser motivo de preocupación en las labores pedagógicas; por el contrario, su aprovechamiento abre niveles y expectativas que de otro modo aún serían lejanos.

A nivel didáctico, se pudo confirmar que el entrenamiento y conocimiento de herramientas de IA suponen un gran apoyo en la consecución de nuevos niveles de entendimiento y comprensión.

### Desarrollo e implementación

El desarrollo de la experiencia llevó diferentes etapas que se detallan a continuación:

#### Conformación del equipo

En primer lugar, invitamos algunos estudiantes de grados décimo y undécimo a unirse al equipo. Sin el requisito de tener experiencia previa en experimentos de física. Lo que buscamos fue la pasión y la voluntad de aprender; de modo que fueron advertidos sobre la dificultad de los temas que serían tratados. Dejamos en claro que la participación no generaría ningún tipo de valoración académica o nota.; y así, se pudo crear un ambiente de colaboración y apoyo mutuo, en lugar de competencia entre los estudiantes.

Dentro del grupo específico se invitó a un estudiante de grado undécimo que está diagnosticado con discapacidad cognoscitiva a quien se le comunicó la necesidad de su participación activa en todas las actividades académicas que se desarrollaría.



Se creó un horario de trabajo que, consistió en la realización de los encuentros en todos los horarios de descanso y una serie de sesiones en contra jornada; estableciendo claramente que no se interferiría de ninguna manera con el horario de clases habitual.

Se asignaron algunas actividades académicas para filtrar y dejar únicamente a los estudiantes que mostraron un nivel de compromiso sobresaliente.

### Aprendizaje personalizado con IA

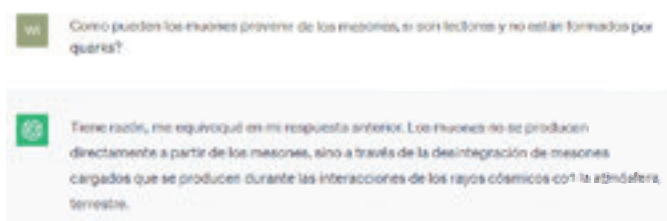
Como parte de las actividades se pidió a los estudiantes que elaboraran una propuesta de experimento que pudiera realizarse en un acelerador de partículas. El propósito de dicha actividad fue múltiple: de un lado, se quería evidenciar que se tratarían conceptos que no hacen parte del currículo tradicional de ciencias o de física y, de otro lado, se pretendía establecer la complejidad de las búsquedas en internet que realizan los estudiantes.

Para garantizar una comprensión conceptual, se introdujeron temas relacionadas con el modelo estándar de partículas y de física nuclear. Dichos conceptos fueron apoyados con comandos de preguntas o prompts en dos plataformas de inteligencia artificial (IA): chatGPT de Open AI y perplexity.

Los prompts que utilizaron los estudiantes fueron revisados con el fin de establecer la coherencia y secuencialidad de sus preguntas, así como la apropiación de conceptos. Se insistió permanentemente en la revisión de cada uno de los conceptos o propuestas realizadas por la IA, resaltando la necesidad de verificar con mínimo una fuente adicional, o dos preferiblemente.

### Figura 4

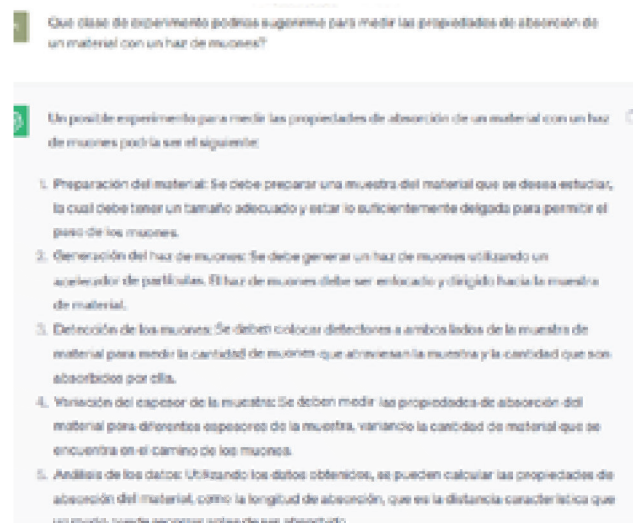
Ejemplo de respuesta errada de chatGPT



A continuación, algunos ejemplos de prompts utilizados para el desarrollo de la propuesta

### Figura 5

Ejemplo de prompt en chatGPT

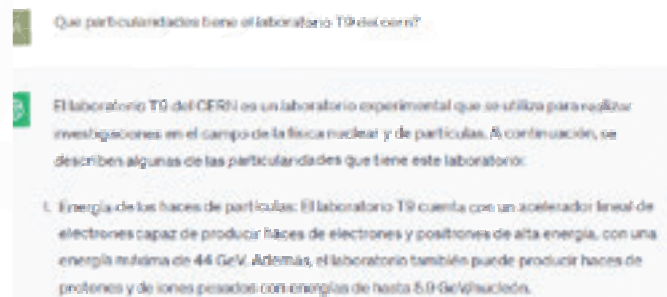


¿Se podría realizar un experimento de objetivo fijo en un acelerador de partículas donde un haz de positrones colisione con un objetivo fijo que produzca muones? ¿El objetivo fijo podrían ser los muones? ¿Se puede provocar un segundo disparo de haz para que el segundo haz colisione con los muones que se producen en la colisión que cause el primer haz? ¿Qué características tiene el laboratorio T9 del CERN? ¿Se puede realizar un experimento de haz doble en el T9?

El propósito de utilizar una plataforma de IA con los estudiantes es que aprendan a dar coherencia, secuencialidad y profundidad a sus preguntas, instrucciones o prompts y que puedan luego demostrar alguna clase de aprendizaje producto de dicha interacción.

### Figura 6

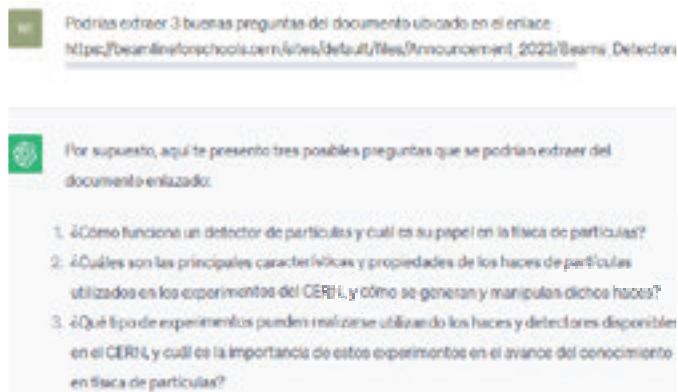
Ejemplo de prompt con indicaciones más específicas



Se entregó el documento *Beams and detectors* (Haces y detectores) a todos los estudiantes descargado de la página del concurso ([https://beamlineforschools.cern/sites/default/files/Announcement\\_2023/Beams\\_Detectors\\_BL4S2023\\_new.pdf](https://beamlineforschools.cern/sites/default/files/Announcement_2023/Beams_Detectors_BL4S2023_new.pdf)); y se les pidió que resolvieran tres preguntas extraídas gracias a la interacción con la IA, de acuerdo con la siguiente imagen:

## Figura 7

### Preguntas propuestas por chatGPT



Finalmente, se solicitó a los estudiantes utilizar la información recogida para plantear un experimento que pudiera realizarse en un acelerador de partículas.

## Mentoría

Para verificar que se cumplieran los compromisos y establecer quienes tenían alguna ventaja o desventaja, se realizaron pequeñas exposiciones en el grupo. Y al promover la inclusión, se estableció un programa de mentoría en el que estudiantes más experimentados pudieran ayudar a sus compañeros que necesitaban apoyo adicional. Esta colaboración fortaleció los lazos entre los estudiantes, y permitió que todos se sintieran valorados y parte del equipo.

## Figura 8

### Estudiantes apoyándose entre sí



## Preparación para el concurso

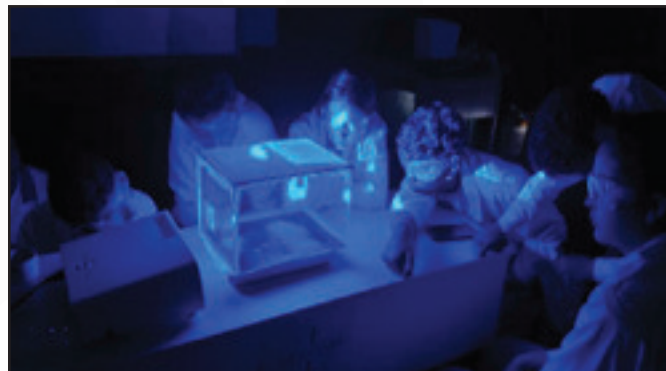
Durante varios meses, los estudiantes se sumergieron en el estudio de la física, con la libertad de explorar temas que les interesaban. No había evaluaciones tradicionales ni calificaciones, pero todos estaban motivados por el deseo de superarse a sí mismos y aprender más. El uso de la IA se hizo frecuente al descubrir que cada vez se requerían conceptos

que no estaban al alcance de los contenidos curriculares regulares de la institución. Se realizaron diversas sesiones; y se estableció un horario que consistió en asistir todos los días a la hora del descanso a las tutorías organizadas por los docentes (coaches). Se realizó la preinscripción del equipo para aumentar el nivel de compromiso. Se estudiaron diversas propuestas de experimentos llevadas por los integrantes y, una vez aprobada alguna, se profundizaba en los temas relevantes durante las sesiones regulares del descanso o en sesiones extras que se realizaban después de la jornada escolar en la institución.

Se estudiaron diferentes propuestas de experimentos. De este modo, se programó un laboratorio de varias sesiones, donde se llevó a cabo la experiencia de la cámara de niebla para detectar muones (partículas elementales que no hacen parte del átomo) provenientes de los rayos cósmicos.

## Figura 9

### Experimento de la cámara de niebla



## Propuesta experimental

La fecha límite de entrega de la propuesta era el 12 de abril de 2023. La propuesta debía inscribirse a través de un formulario web en la página del concurso, e ir acompañada de dos cosas: un documento científico donde se explicará completamente la configuración del experimento y la disposición de los equipos en el acelerador de partículas de 1000 a 1200 palabras en inglés y un video de 1 minuto (también en inglés) relativo al experimento (ver apéndice).

La preparación de la propuesta se realizó después de tres intentos, ya que la primera propuesta enviada no podía realizarse en dicho laboratorio por ser demasiado compleja (estudio de los mecanismos de reacciones químicas con espectroscopía). La segunda, no era posible por las condiciones técnicas específicas del laboratorio (haces de doble o múltiple disparo), así que la tercera fue la vencedora: estudio de la vida media del muón y el antimuón.

**Figura 10**

*Elaborando la propuesta de configuración experimental*



Se realizó un video recorriendo las diferentes ubicaciones tanto del colegio como del laboratorio de química, simulando una carrera de las partículas en cuestión (muón y antimuón) siendo perseguidos por el tiempo hasta que una de ellas era alcanzada dejando la incógnita de quien había “muerto” primero. El video puede verse publicado en la dirección [https://www.youtube.com/watch?v=0ve\\_wl9e5Ew](https://www.youtube.com/watch?v=0ve_wl9e5Ew).

**Figura 11**

*Captura de pantalla del video Muon vs Antimuón*



### Resultados:

Dos semanas después de radicada la propuesta experimental, se nos informó que cumplía con todos los requisitos y que era aceptada. Como parte de las actividades para los participantes, el equipo fue invitado a una visita virtual a la fábrica de antimateria por los encargados en el CERN en Ginebra, Suiza. Los resultados del concurso Beamline for Schools se publicaron a finales de junio de 2023. Tres equipos fueron seleccionados, dos fueron invitados a Ginebra y uno al laboratorio DESY en Hamburgo. Nosotros no estuvimos entre los tres finalistas. Sin embargo, se nos confirmó nuevamente que nuestra propuesta reunía todos los requisitos y como uno de los equipos aceptados, se nos envió el certificado de participación para todos los integrantes del equipo.

**Figura 12**

*Certificados de participación y cumplimiento en Beamline for Schools otorgados por el CERN*



### Análisis

El impacto en los participantes del equipo ha sido enormemente positivo. El 85% de los estudiantes ha mostrado mejoras considerables en sus desempeños académicos. Sin embargo, específicamente para el estudiante de inclusión ha sido una experiencia completamente transformadora. La familia le ha hecho saber a las personas encargadas de la institución, cómo le ha dado un sentido y nivel de seguridad notable tanto en su comportamiento como en sus expectativas. A nivel de inclusión, esta experiencia ha traspasado todas nuestras expectativas porque el estudiante participó de absolutamente todas las actividades como uno de los grandes protagonistas. Hemos visto como ha entregado todas las actividades asignadas, ha estado en condiciones de exponer a sus compañeros y ser parte integral de la actividad sin que requiriera de ninguna etiqueta.

A pesar de que el grupo de estudiantes era bastante pequeño, los rumores sobre el trabajo que realizaban se fueron difundiendo, sobre todo por la posibilidad (aunque fuera pequeña) de ganar. En general los compañeros no entendían de que se trataba el grupo de estudio, pero llamaba mucho la atención que se reunieran todos los días a la hora del descanso, es decir que cambiaran su hora de recreo por pertenecer a un grupo de estudio. La experiencia se convirtió en una posibilidad de actividad para el tiempo libre. La curiosidad llevó a recibir apoyo de parte de docentes y estudiantes quienes no dudaban en colaborar cuando se requería cualquier tipo de ayuda con tal de hacer parte, aunque fuera de una participación mínima.

Para la fecha en que se escribe el documento, el grupo de estudiantes ha adicionado a sus actividades la realización de una maqueta que simula todo el proceso del experimento en el acelerador de partículas y ha sido invitado a una Feria de Ciencia y Tecnología en Zipaquirá, Cundinamarca.

En general, la respuesta de la comunidad educativa que tuvo conocimiento de la realización de la experiencia ha sido positiva y expectante para dar continuidad a tales proyectos. Algunos estudiantes han manifestado un enorme interés en participar de futuras versiones

del concurso y aprender de física de partículas. Actualmente el grupo participa en algunas otras actividades académicas, incluida una oferta educativa para la licenciatura en Ciencias Naturales de la Universidad de la Sabana.

## Conclusiones

El uso de las herramientas de Inteligencia Artificial para apoyar los procesos de aprendizaje resulta efectivo cuando se hace acompañamiento, seguimiento, escalonamiento y la determinación de propósitos específicos. Se pudo evidenciar cómo en procesos educativos de inclusión hay mayor nivel de equidad y apropiamiento de conceptos. Es por esto que, dar metas claras y de largo plazo sobre los objetivos de aprendizaje favorece a los estudiantes en el desarrollo de habilidades de autorregulación y construcción de conocimiento, en los procesos de Aprendizaje Basado en Proyectos. El ABP favorece el desarrollo de habilidades a través del uso de herramientas propias del siglo XXI. Estas

habilidades pueden ser tales como: el trabajo en equipo, la colaboración y la interdisciplinariedad.

El concurso Beamline for Schools es una experiencia de gran complejidad que supone enormes retos tanto para estudiantes como para docentes. Sin embargo, apoyados en la metodología del Aprendizaje Basado en Proyectos, que abarca la planeación adecuada y el desarrollo de actividades acordes al nivel cognoscitivo de los estudiantes, es posible incrementar las potencias científicas en los estudiantes hasta conseguir el objetivo de ser un digno participante del desafío de física más difícil que existe para estudiantes de secundaria en todo el mundo.

## Referencias

Aebli, H. (1991a). *Factores de la enseñanza que favorecen el aprendizaje autónomo (Vol 57)*. Narcea ediciones.

Beamline for Schools.(2023). *Beam and detectors*. [https://beamlineforschools.cern/sites/default/files/Announcement\\_2023/Beams\\_Detectors\\_BL4S2023\\_new.pdf](https://beamlineforschools.cern/sites/default/files/Announcement_2023/Beams_Detectors_BL4S2023_new.pdf)

Jones, N. F., Rassmussen, C. M. & Moffitt, M. C. (1997). *Real-life problem solving: A collaborative approach to interdisciplinary learning*. American Psychological Association.

Delors, J. (1996). *La educación encierra un tesoro*. UNESCO, Ed. [http://www.unesco.org/education/pdf/DELORS\\_S.PDF](http://www.unesco.org/education/pdf/DELORS_S.PDF)

Microsoft (2014). *21CLD Learning Activity Rubrics. 21st Century Learning Design*, (pp. 1–44).

Scott, C. L. (2015). El Futuro del aprendizaje 2 ¿Qué tipo de aprendizaje se necesita en el siglo XXI? (*Investigación Y Prospectiva En Educación*). Retrieved from <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002429/242996s.pdf>

Wing, J. M. (2006). Communications OfThe ACM. *Computational Thinking*, 49(3). <http://www.cs.cmu.edu/afs/cs/usr/wing/www/publications/Wing06.pdf>





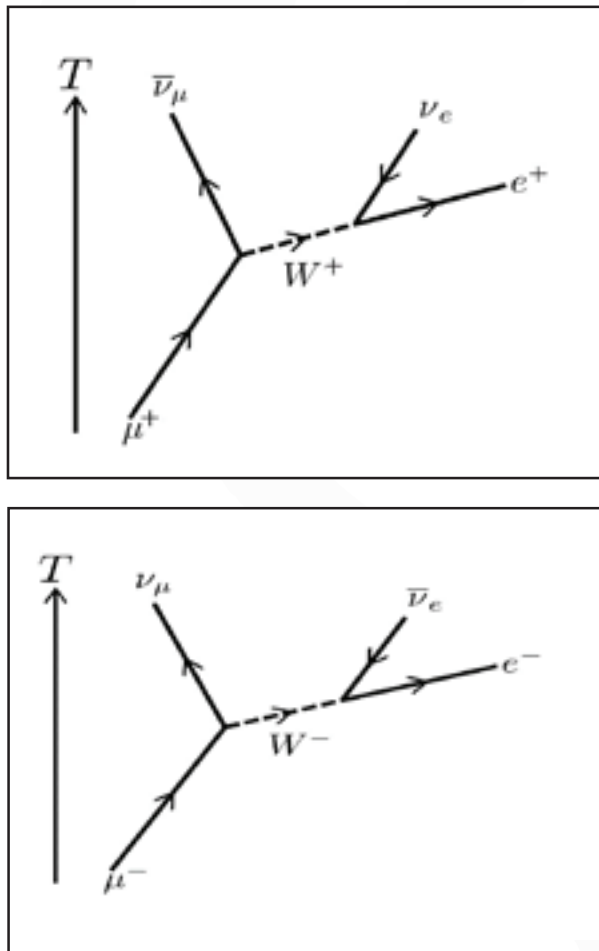
# Apéndice

## Study of the Muon and antimuon's half-life (Propuesta enviada por el equipo a Beamline for schools)

IE Diversificado Students - Sara Isabel Guerrero  
 Juan Felipe Chaparro Rodríguez - Jhonnatan Alexander Lavado Tania Jineth Hernández  
 John Stiven Jaramillo Flórez - Geordy Pardo Velosa Luis Arbey Uribe  
 Teachers/coaches Angie Lorena Hernández Cuesta-William Garzón Moreno  
 Colombia 2023

In this proposal we ask: Is there any difference in the half-life of these two elementary particles; by means of an experimental particle physics laboratory at CERN we wish to establish the half-lives of muons and anti-muons.

Muons ( $\mu^-$ ) are the first elementary particles discovered that are not part of the atom. They are negatively charged and have 207 times the mass of an electron. Their counterpart, the antimuons ( $\mu^+$ ), have the same properties, but opposite charges. They disintegrate in a very short period of time, according to the path shown below:



**Figure 1**  
 Antimuon decay path and Muon decay path

### Motivation

We are passionate about science and want to learn more about particle accelerators and their use in the exploration of the universe, so we are excited to participate in BL4S competition, as designing and running our own experiment at CERN will be an enriching experience that will allow us to develop our scientific and creative skills, collaborating with students and experts from all over the world. This competition will be a unique and enriching opportunity for us and our school.

### Why did we choose this experiment?

Muon half-life experiments are important in particle physics. Muons are subatomic particles with very short half-lives, used to study particle physics in general, additionally are used to detect dark matter and cosmic rays. The experiment involves measuring the number of muons that pass through a set of plates and the number that decay as they pass through the decay chamber. The half-lives and other properties are essential to understanding these fundamental particles and their interactions with matter.

### Experiment description

The half-life is the time it takes for a certain number of unstable particles to decrease to half their initial value. Since muons and antimuons have similar characteristics (Table 1), our proposal is to obtain and compare their half-lives.

**Table 1**

*Some characteristics of muons and antimuons*

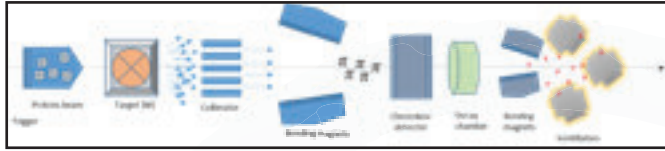
Property	Muon $\mu^-$	Antimuon $\mu^+$
Mass ( $m_\mu$ )	105,6 MeV/c <sup>2</sup>	105,6 MeV/c <sup>2</sup>
Charge ( $q_\mu$ )	-1	+1
Spin ( $s_\mu$ )	1/2	1/2
Family	Leptons	Leptons

We also want to check whether the energy change has any effect on the half-life of the particles or the amount of particles produced, since the collision of the primary beam with the target nucleus should produce a more intense nuclear reaction. Measure the amount of muons/anti-

muons produced by the collision of protons with a tungsten target and analyze the data to determine the changes in particle velocity and momentum caused by the energy changes.

**Experimental setup:**

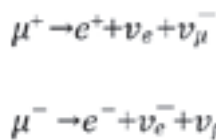
**Figure 2**  
*Experimental setup*



**Pion production:** A proton beam is accelerated to energies of 2 GeV, 8 GeV and 16 GeV, depending on the variant, and collides with a tungsten sample causing the production of pions through nuclear reactions. The produced pions are directed towards a focusing area using collimators and magnetic dipoles.

**Pion separation:** pions are separated from the rest of the particles produced in the collision using collimators and particle detectors such as the Cherenkov detector. The pions are focused into a beam and directed into a decay chamber where they decay into muons in approximately 26ns.

**Muon/antimuon production:** The resulting muons (or antimuons) are focused into a beam and selected using a second Cherenkov detector and magnetic charge selection systems. With this information it is expected to evidence the primary decay of the particle.



**Be am focusing:** Selected muons are focused into a beam and steered using magnetic focusing systems.

**Muon detection:** Once muons reach the specific area, they are detected using muon detectors, such as scintillators, ionization chambers and liquid scintillation detectors. Muon detectors measure the energy and trajectory of muons to determine their half-life and other properties.

**How to measure the half-life?**

If we assume that the average decay rate per unit time = 1/τ is constant during the time interval recorded by the scintillators and that the events are randomly distributed during this, and we have a total number of muons or antimuons N at a time t; then the number of them that would decay in an interval dt is given by:

$$dN = -\frac{N}{\tau} dt$$

Where the negative sign in the Equation expresses that the number of muons or antimuons decreases.

If there are initially (at t = 0) a number N<sub>0</sub> of muons or antimuons, the Equation predicts that the remaining number of muons or antimuons at a time t will be:

$$N(t) = N_0 e^{-t/\tau}$$

$$\tau = \frac{1}{\lambda}$$

Where τ is the half-life. λ is the time of flight.

**How can the results be interpreted?**

The method presented below is based on an experiment using 3 scintillators of 25x25x1cm placed one on top of the other<sup>(1)</sup>. We are not really sure if it is the same method at the CERN accelerator.

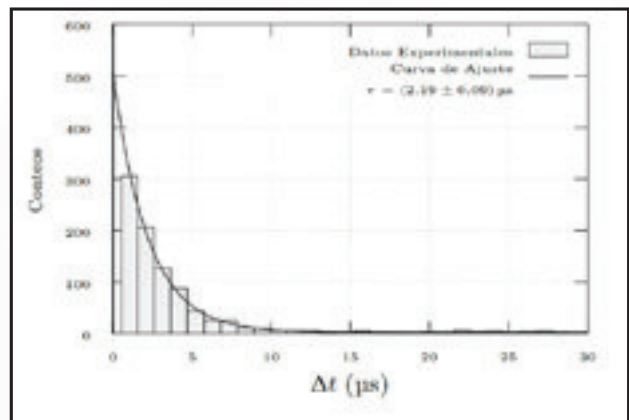
Events are sorted by the number of scintillators detecting counts simultaneously. Therefore, the events are discriminated according to the following criteria:

- That present simultaneous counts in the first 2 scintillators.
- That the decay occurs between scintillator 2 and 3.

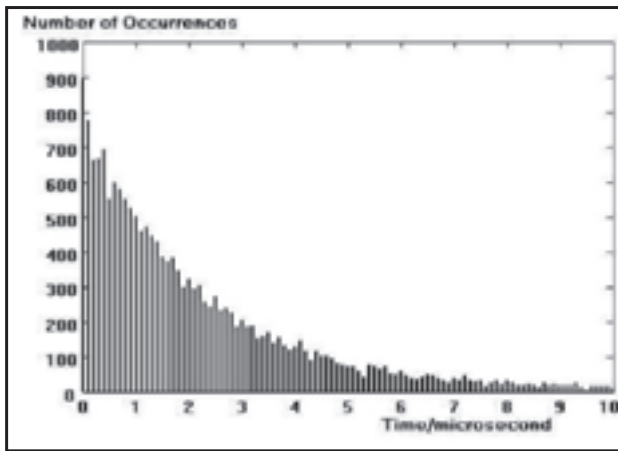
If we consider that the muon deposits all its energy in the plates, it will be at rest when it decays. That is, the data obtained are given in the frame of reference at rest of the muon.

The elapsed time (measured with the scintillators) between the decay of the unstable particles is a stochastic process that can be described using the exponential distribution with the number of events on the Y-axis and the passage of time on the X-axis. As shown in the following graphs:

**Figure 3**  
*Graphic muon half- life time- and half-life- Dtribution of the time*



*difference between counts (1)- and Distribution of the Muon detection time difference between counts (2)*



**What do we hope to gain from this experience?**

Although we know that the competition will be a great challenge, we're happy for the opportunity to show our experiment at BL4S. Curiosity has guided our dedication and teamwork to expand our knowledge of particle physics and we hope to make a great academic contribution to our institution. We also hope to learn from professional scientists, methodologies and the way research teams perform data analysis, as well as implement the quality of our work.

**What science outreach activity can we do in our community?**

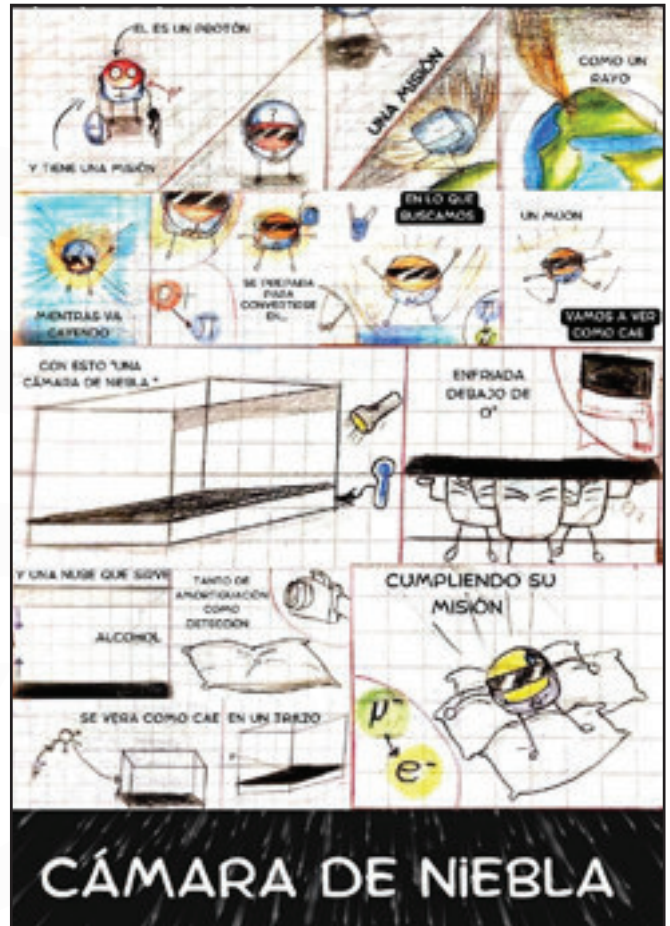
Our school has more than 2800 students and in its 50 years of history, this is the first time we have formed a physics research group and participated in BL4S. So, we want to share our journey and boost the curiosity of our classmates. And, we plan to do it with a simple experiment like "cloud chamber".

**Figure 4**  
*Our cloud chamber*



The cloud chamber experiment is a didactic way to observe the particles that surround us, and in particular to detect cosmic rays and muons, for which we attach this comic made by us.

**Figure 5**  
*Cloud chamber comic*



## References

Valle, A.; García L. y Pérez, H. (2017). Medición de la vida media del muón. *Revista de la escuela de física. UNAH*, 5 (1)

Jara, J. et al (2022). Muon detection and half-life. *South Florida Journal of development*, 3(2). 2554-2560

[https://www.hep.lu.se/staff/c.jarlskog/nffl\\_7184.pdf](https://www.hep.lu.se/staff/c.jarlskog/nffl_7184.pdf)

<https://physics.stackexchange.com/questions/121339/difference-in->

[decay-for-muon-andanti-muon](https://epaper.kek.jp/e96/PAPERS/THPG/THP053G.PDF)

<https://epaper.kek.jp/e96/PAPERS/THPG/THP053G.PDF>

<https://cds.cern.ch/record/1566076/files/CERN-2013-001-p409.pdf>

<https://indico.nucleares.unam.mx/event/1546/session/10/contribution/168/material/slides/0.pdf>