

EFFECTOS DEL ENFOQUE STEM EN EL APROVECHAMIENTO ACADÉMICO
DEL CURSO DE FÍSICA DE ESCUELA SECUNDARIA

Tesis presentada al
Departamento de Estudios Graduados
Facultad de Educación
Universidad de Puerto Rico
Recinto de Río Piedras
como requisito para
obtener el grado de Maestro en Educación
con especialidad en Investigación y Evaluación Educativa

Por

Gilemi del Mar Sepúlveda Cuadrado
©Derechos reservados, 2020

Tesis presentada como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en
Educación con especialidad en Investigación y Evaluación Educativa

EFFECTOS DEL ENFOQUE STEM EN EL APROVECHAMIENTO ACADÉMICO
DEL CURSO DE FÍSICA DE ESCUELA SECUNDARIA

Gilemi del Mar Sepúlveda Cuadrado
(Bachillerato en Educación en Ciencias con concentración en Física, Universidad de
Puerto Rico, Recinto de Río Piedras, 2020)

Aprobada el **14 de mayo de 2020** por el Comité de Tesis:

Víctor E. Bonilla Rodríguez, Ph.D.
Director del comité de tesis

Lilliam Rodríguez Laboy, Ed. D.
Miembro del comité de tesis

José Soto Sonera, Ed.D.
Miembro del comité de tesis

DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado a las personas que me inculcaron desde pequeña que el cielo es el límite: mis padres, Noemí y Santos. Gracias por enseñarme la importancia de la educación pública para el país; y por influir fuertemente en mi entrega hacia la investigación de un proceso efectivo de enseñanza para los estudiantes puertorriqueños. Gracias a mis tres hermanos, Gabriel, Roberto y Ángel, por ser mi soporte durante este proceso. Y, por último, mis eternos agradecimientos a mi familia y mis amigos por el apoyo y amor constante que recibo en mi vida.

RECONOCIMIENTOS

En una entrevista llevada a cabo en el 2015 para el *International Science teaching Foundation*, el pedagogo y experto en educación STEM, Rodger Bybee habla de los “momentos de enseñanza” refiriéndose a momentos que no se esperaba que sucedieran, pero de los cuales aprendes; y se convierten necesarios para el desarrollo de destrezas que quizás no se pudieron haber desarrollado de este “momento de enseñanza” no haber ocurrido. Durante el transcurso de la investigación, ocurrieron muchos “momentos de enseñanza”. Fueron estos momentos los cuales verdaderamente pusieron a prueba el conocimiento adquirido en las clases para el grado de maestría. No obstante, siempre hubo “momentos de enseñanza” en los cuales necesitaba la cooperación de expertos que incondicionalmente me extendían una mano de ayuda cuando más lo necesitaba. Estos fueron los integrantes de mi comité.

A mi director, el Dr. Víctor E. Bonilla Rodríguez, gracias por su dedicación no solo para mí, sino para todos sus estudiantes. Es un honor tenerlo como mi mentor y sus recomendaciones y palabras de apoyo fortalecieron siempre mi perseverancia durante los momentos difíciles del proceso investigativo. Estoy segura de que comparto la opinión de todos los estudiantes que han pasado por sus manos cuando aclaro que es un ser humano ejemplar. Gracias por hacernos a todos parte de su “mundo de colores y emoción”. Por otro lado, quisiera extender mis agradecimientos al Dr. José Soto Sonera por colaborar en la dirección del estudio en cuanto a las diversas ramas que podían ser investigadas sobre la educación STEM. Su cooperación en cuanto a la nueva revisión de literatura del enfoque sirvió como base para el énfasis del problema de investigación. Por último, pero no menos importante, tengo que reconocer la ayuda y apoyo de la Dra. Lilliam Rodríguez Laboy.

Como mujer en el campo de STEM, es un ejemplo por seguir. Su pasión hacia la educación con este enfoque es contagiosa, y espero alcanzar a ser tan grandiosa partidaria de STEM como ella. Fueron todos esenciales en mi pequeña comunidad de aprendizaje.

A parte de mi comité, otros profesores formaron parte de mi desarrollo como investigadora. A la Dra. María del R. Medina Díaz, gracias por desarrollar en mí esas herramientas esenciales para perseverar en el campo investigativo. A la Dra. Lizzette Velázquez Rivera por mantener la puerta de su oficina siempre abierta a discusiones y recomendaciones sobre mi implementación. A la Dra. Gladys Dávila Hernández por las grandiosas oportunidades en el campo de la educación STEM que me han llevado a ser la profesional que soy hoy día. A la Dra. Ileana Quintero Rivera por enseñarme el valor de la educación en Puerto Rico y en otras partes del mundo. A la Dra. Melitza Nieves Viera por el constante apoyo dentro de la investigación en el campo de la educación STEM. Entre otros profesores y colegas (como la Dra. Daphne Jiménez, del Departamento de Educación de Puerto Rico; y las Dra. Mercedes Salichs y Dra. Marta Rodríguez Colón, consejeras de la Facultad) que aportaron su granito para mi crecimiento. Por otro lado, gracias a los compañeros y amigos que he creado en mis estudios graduados. El apoyo mutuo es importante cuando el camino está lleno de retos.

Por último, el reconocimiento más grande se lo doy a mi Señor Dios. Solo él sabe lo genuinas que fueron mis intenciones al hacer este trabajo, por el bien de la educación en la isla. Gracias por nunca faltar cuando más lo necesitaba y por guiar mis pasos por el sendero al éxito.

RESUMEN DE LA TESIS

EFFECTOS DEL ENFOQUE STEM EN EL APROVECHAMIENTO ACADÉMICO DEL CURSO DE FÍSICA DE ESCUELA SECUNDARIA

(Gilemi del Mar Sepúlveda Cuadrado)

Director de la tesis: Víctor E. Bonilla Rodríguez, Ph.D.

En esta investigación se utilizó un diseño cuasiexperimental, con un grupo control y uno experimental, para examinar el efecto del enfoque STEM en el aprovechamiento de los estudiantes de escuela pública, en el curso de Física superior. Para efectos de esta investigación, se seleccionaron dos escuelas de la Oficina Regional Educativa de San Juan.

El enfoque STEM es uno que implica la sinergia entre las materias de Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemática para ofrecer lecciones que desarrollen el pensamiento científico y el desarrollo conceptual. Para examinar el efecto de este, se realizó una intervención en el grupo experimental (cuatro actividades STEM, una por semana) orientada hacia la conceptualización, utilizando la problematización en el salón de clases. Para la recolección de datos se administró una pre y una posprueba (construida por la investigadora) compuesta por los conceptos físicos a discutir en la intervención. Se utilizó el programado *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) para obtener estadísticas descriptivas y realizar un Análisis de Covarianza (ANCOVA).

Los resultados de la ANCOVA indicaron que la estrategia de enseñanza tuvo un efecto en el aprovechamiento del grupo experimental. Fue de mucho interés observar la diferencia estadística entre los grupos en la posprueba, pues los datos eran muy diferentes. No obstante, gracias a estos datos, se hicieron observaciones de las cuales futuras investigaciones relacionadas con STEM podrían beneficiarse (comenzando con posibles

sugerencias para aquel investigador que desee imitar los procedimientos metodológicos de este estudio). Entre los resultados estadísticos obtenidos, se encontró que la media del grupo experimental tuvo mayor diferencia que la del grupo control subiendo de $M=25.43$ a $M=5.32$ (casi el doble de la media obtenida en la pre prueba). Por otro lado, la hipótesis es aceptada cuando se obtuvo los datos estadísticos de la ANCOVA (entre ellos $F(1,57)=12.48$; dato que indica que sí hubo un efecto). De igual manera, se contesta la pregunta de investigación señalando el tamaño de este efecto obteniendo un valor del *eta squared* (η^2) de 0.18. Con estos datos se concluye que la educación STEM sí puede traer beneficios al proceso de aprendizaje en los estudiantes puertorriqueños; y que urgen la continua preparación de maestros ante este enfoque y una práctica adecuada del mismo.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
HOJA DE APROBACIÓN	i
DEDICATORIA	ii
RECONOCIMIENTOS	iii
RESUMEN DE LA TESIS	v
LISTA DE TABLAS	xi
LISTA DE FIGURAS	xii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
Trasfondo	1
Planteamiento del problema	8
Propósito	10
Justificación	11
Pregunta de investigación e hipótesis	12
Definiciones de variables	13
CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LITERATURA	16
Introducción	16
Marco teórico	17
Implementación de STEM dentro del salón de clases	20
Marco empírico	23

Currículo escolar	23
Currículo del curso de Física	31
Educación de STEM en la Historia	33
Informes y organizaciones que han experimentado o investigado con STEM	34
Escuelas con enfoque STEM vs. escuelas sin STEM	36
Efectos de la educación con enfoque STEM	37
Integración de STEM al currículo	40
Estrategias innovadoras de la integración de STEM	41
Aprovechamiento académico y su medición	44
Resumen	47
CAPÍTULO III. MÉTODO	49
Introducción	49
Metodología	50
Diseño	52
Población, escenario y muestreo	55
Técnicas para la recopilación de datos	59
Técnicas de análisis de datos	79
Permisos	81
Aspectos éticos de la investigación	85

CAPÍTULO IV. RESULTADOS	87
Introducción	87
Presentación de datos y análisis	89
Cumplimiento de precondiciones para una ANCOVA	96
Análisis de contestaciones por ítems en la prueba	105
Triangulación de comentarios generales sobre las actividades de intervención.....	121
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES	125
Introducción	125
Discusión	127
Limitaciones	131
Recomendaciones	135
Sugerencias para modificaciones de la prueba	138
Sugerencias para estudios futuros	151
Posibles estudios en otras áreas relacionadas y nuevos acercamientos metodológicos para futuras investigaciones	154
Implementación en las escuelas del Departamento de Educación de Puerto Rico.....	162
REFERENCIAS	171
APÉNDICES	
A. TABULACIÓN DE REVISIÓN DE EXPERTOS	184

B. PRUEBA FINALIZADA	187
C. PERMISO DEL CIPSHI	196
D. HOJAS DE CONSENTIMIENTO Y ASENTIMIENTO	198
E. CARTA AL DIRECTOR	208
F. CERTIFICADO DEL CITI PROGRAM	212
RESUMEN BIOGRÁFICO DE LA AUTORA	215

LISTA DE TABLAS

Tabla	Página
1 Instrumentos utilizados en investigaciones anteriores con problemas similares	46
2 Alineación de los objetivos y estándares con las actividades de la intervención	61
3 Aplicación de conceptualización en actividades STEM	65
4 Desglose de las áreas que componen STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) en las actividades	70
5 Técnica para contestar la hipótesis	75
6 Planilla de especificaciones simple de la prueba de aprovechamiento en Física, sobre el contenido de rapidez, velocidad y aceleración, bajo la instrucción con un enfoque STEM	75
7 Resumen de estadística descriptiva por grupo	89
8 Prueba de muestras pareadas de pre y posprueba de ambos grupos	93
9 Prueba de efectos entre sujetos	94
10 Medias en un intervalo de confianza de 95%	96
11 Medias ajustadas en un intervalo de confianza de 95%	96
12 Frecuencia y porcentaje de respuestas por ítem	106
13 Índices de dificultad e interpretación de los ítems	108
14 Frecuencia de respuestas en ítems de respuestas alternativas	110
15 Frecuencia de respuestas en ítems de respuestas alternativas (grupo experimental; $n=47$)	112
16 Frecuencia de respuestas en ítems de respuestas alternativas (grupo control; $n=13$)	114
17 Evaluación de los ítems de la prueba de medición	117
18 Triangulación de respuestas de preguntas en la bitácora	122

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Gráfica cuantilar normal para observar nivel de normalidad	99
2	Gráfica de dispersión para la prueba de homocedasticidad	101
3	Gráfica de residuales estudentizados para detectar puntuaciones aisladas	103
4	Ítem 8 de prueba de aprovechamiento	146

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Trasfondo

Previo a establecer el problema de investigación, se examinaron los informes creados por el Departamento de Educación de Puerto Rico: *Medición y evaluación para la transformación educativa* (2018a) y el *Perfil escolar académico 2017-2018* (2018b) (periodo de cuando se comenzó la revisión de literatura de esta investigación). Se hizo la observación que no hubo ganancia significativa en las puntuaciones de Ciencias y Matemáticas entre los años 2017 y 2018. A partir de estos datos recopilados en estos documentos surge la preocupación sobre la efectividad de las técnicas de enseñanza utilizadas en el aula escolar de Puerto Rico. López Alicea (2016) aclara que es una realidad que sorprendió a pocos: el sistema educativo de Puerto Rico –tanto público como privado– ocupa uno de los últimos escalafones en la clasificación mundial, a base de los resultados obtenidos en una prueba estandarizada internacional. Según López Alicea (2016), los resultados en las pruebas PISA (Programa Internacional de Evaluación Estudiantil) aclaran que, en el 2016, los estudiantes de Puerto Rico están por debajo del promedio mundial en las áreas de Ciencia, Matemáticas y Lectura. También aclara que, según la Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo, los alumnos en Puerto Rico obtuvieron una puntuación de 403 en la prueba de Ciencia, 90 puntos por debajo del promedio mundial (López Alicea, 2016). Según la discusión de los resultados de las pruebas, nuestro sistema de Educación falla en proveer un currículo en el cual se incluye a todos los estudiantes sin depender de su necesidad

funcional (por ejemplo, el nivel socioeconómico). Aunque los resultados en las pruebas de Ciencia, Matemáticas y Lectura colocan a los estudiantes locales en niveles muy por debajo del promedio mundial, estos deben servir para que finalmente se trabaje en todo el País un proyecto educativo a largo plazo, señaló la ex decana de la Facultad de Educación de la Universidad de Puerto Rico (UPR) en Río Piedras, Ángeles Molina (López Alicea, 2016).

Sin embargo, se continúa con estrategias tradicionales como, por ejemplo, la técnica de lectura. Las clases basadas en técnicas de lecturas no facilitan el mejoramiento de las destrezas de solución de problema de los estudiantes (Han, Capraro & Capraro, 2014, p. 1090). Los estudiantes no tienen un aprovechamiento completo del material dado en clase, debido a la falta de un currículo con un enfoque abundante en actividades que incitan a pensar críticamente utilizando el descubrir y el inquirir. Según Trowbridge, Bybee y Carlson-Powell (2000), los procesos para desarrollar el pensamiento profundo son descubrir (observación, clasificación, medición, predicción, descripción e inferencia) e inquirir (originar problemas, formular hipótesis, diseñar acercamientos investigativos, poner a prueba ideas o conducir experimentos, sintetizar conocimiento y desarrollar ciertas actitudes). Trowbridge, Bybee y Carlson-Powell (2000) menciona algunos conceptos que se deben trabajar para promover el descubrimiento y el inquirir como: objetividad, curiosidad, mente abierta, deseo y respeto por los modelos teóricos, responsabilidad, crear juicio y analizar resultados.

Entre los enfoques de enseñanza-aprendizaje que se pueden utilizar para desarrollar estas destrezas, se utilizó el enfoque STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*) como principal del estudio. La educación con enfoque STEM integra las

materias de Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas haciendo del estudiante un investigador. Esta es mucho más que una "integración conveniente" de sus cuatro disciplinas, sino que abarca "el mundo real, el aprendizaje basado en la solución de problemas" que vincula las disciplinas "mediante enfoques de enseñanza y aprendizaje cohesivos y activos" (English, p. 2, 2016). Aunque el interés global en STEM desde perspectivas educativas y laborales ha proliferado en los últimos años, el acrónimo fue acuñado en los EE.UU. durante los años 90 por la *National Science Foundation* (English, p. 2, 2016). Fue una manera de abarcar una nueva "meta-disciplina" que combina las disciplinas de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (Departamento de Educación, Programa de Ciencias, Revisión Marco Curricular, 2016a).

A partir de la falta de conocimiento sobre el efecto, se llevó a cabo una investigación cuantitativa, con diseño cuasiexperimental, donde participan estudiantes que cursen actualmente la clase de Física, de dos escuelas públicas de la Oficina Regional Educativa de San Juan (una escuela como grupo experimental y una escuela como grupo control). La hipótesis del estudio se redacta de la siguiente manera: la intervención de la educación con enfoque STEM en el currículo académico causará un efecto positivo en el aprovechamiento académico del grupo experimental en la clase de Física.

Según la carta circular 13-2016-2017 del Departamento de Educación de Puerto Rico (2017b) (*Política pública sobre la organización y oferta curricular del Programa de Ciencias para las Escuelas de la Comunidad Primarias y Secundarias del Departamento de Educación de Puerto Rico*), normalmente la clase de Física es la Ciencia que se imparte

en grado 12 (último año de escuela secundaria) (Departamento de Educación, 2017b). No obstante, no siempre es el caso debido a que, en algunas escuelas, estudiantes desde grado 10 pueden tomar el curso si tienen los prerrequisitos aprobados (MATE121-1410 y MATE 121-1466). En referente a este asunto, la carta circular 13-2016-2017 (documento creado por el Departamento de Educación) establece lo siguiente.

El Programa de Ciencias para el nivel secundario se ofrece mediante cursos de un año, con valor de un crédito en cada uno de los grados. En el nivel secundario se incluyen un mínimo de 4 unidades de créditos como requisito de graduación de cuarto año. (refiérase al Catálogo de Cursos) El Programa de Ciencias cuenta con 5 ofrecimientos básicos de los cuales el estudiante podrá seleccionar cuatro. Los estudiantes que interesan continuar carreras en el área de las Ciencias, se le debe garantizar coger el Curso de Física. (carta circular 13-2016-2017, Departamento de Educación, 2017b, p. 64).

Para efectos de esta investigación, casualmente la población estudiantil de ambas escuelas seleccionadas constaba de estudiantes de grado 12 solamente.

La clase de Física puede ser una muy retadora, incluso los estudiantes pueden ser intimidados por la materia (como se pudo observar por medio de la intervención con los estudiantes). Por esto, el Departamento de Educación recomienda un currículo alineado a los principios de STEM ya que puede proporcionar oportunidades para que los estudiantes profundicen en la comprensión de los conceptos mediante la enseñanza de un contenido curricular dentro de un contexto del mundo real (Programa de Ciencias, Revisión Marco

Curricular, Departamento de Educación, 2016a) y pierdan el temor hacia el curso. Por otro lado, el profesor de Física debe estar consciente de hacia dónde se dirige la investigación en el curso, para poder poner en contacto a sus alumnos, al menos al nivel de la conciencia común, es decir, como un divulgador de la Ciencia, con las perspectivas del desarrollo de la Física, tratando de incorporar a la docencia los resultados más recientes que se anuncien, aun cuando estos sean discutibles (Villareal et al., 2005). Pues no se debe perder de vista que a la vez que debemos preparar a nuestros estudiantes con un grado de actualización que les permita vivir acorde con su época, es necesario fomentar en ellos el espíritu crítico y valorativo ante la realidad que se les presenta (Villareal et al., 2005).

Creando un currículo innovador se puede capturar la atención de los estudiantes y fomentar la motivación hacia la investigación dentro del salón de clases. Al estar profundamente expuestos al tema a discutir, se sienten más a gusto con el material del curso. Haussler & Hoffmann (2000), en su artículo *A curricular frame for physics education: Development, comparison with students' interests, and impact on students' achievement and self-concept*, sugieren que la física se enseñe para que los estudiantes tengan la oportunidad de desarrollar un autoconcepto positivo relacionado con la física y vincular ésta con las situaciones que encuentran fuera del aula. Según Villareal et al. (2005), han surgido nuevas teorías del aprendizaje, acompañadas de métodos y estrategias innovadoras que deben ser integradas a la enseñanza de una ciencia experimental como lo es la Física. Para este estudio se escogió la educación con enfoque STEM en la sala de clases ya que se considera (según la revisión de literatura) un enfoque innovador de aprendizaje. Con este enfoque educativo podemos hacer que los estudiantes tengan un

mejor pensamiento científico, llevándolos a un aprendizaje efectivo y teniendo un mejor aprovechamiento académico.

Las actividades con enfoque STEM apoyan importantes habilidades de pensamiento científico, como hacer preguntas pertinentes, admitiendo una falta de conocimiento previo o entendiendo, escuchando atentamente y dando retroalimentación, y ajustando opiniones, creencias y suposiciones cuando se encuentran nuevos hechos (Petress, citado en Jones, 2016, p. 23). Estas actividades ayudan a los estudiantes en la implementación de un plan y en la toma de decisiones para producir un resultado (Jones, 2016, p. 24). Los educadores tienen que pensar más allá de lo que restringe el currículo o mapa curricular que establece el Departamento de Educación de Puerto Rico, formando actividades que ayuden a los estudiantes en la solución de problemas que apoya Jones (2016). Para efectos de esta investigación se estuvo implementando actividades con enfoque STEM en las cuales se llevó a cabo el desarrollo conceptual (o conceptualización) del tema de movimiento cinemático (o desarrollo conceptual de lo que es la cinética (movimiento)). En esta investigación el enfoque STEM se utilizó para explorar si, en medida, promueve el desarrollo conceptual en el curso de Física. Fue de interés conocer si los estudiantes, por medio de la intervención, pueden ver la utilidad de los conceptos aprendidos más allá de la clase y si logran aplicarlos a su vida cotidiana. Además, se esperaba que los estudiantes pudieran aplicar los conceptos en los ejercicios de solución de problemas que se desarrollaron como parte del estudio y en el instrumento (pre y posprueba).

Uno de los indicadores del estándar Diseño de Ingeniería (encontrado en el documento publicado por el Departamento de Educación de Puerto Rico, *Estándares de Contenido y Expectativas de Grado: En ruta hacia la construcción de un nuevo paradigma educativo*, 2014b), presenta a la Física como la Ciencia que explica el funcionamiento y la utilidad de modelos diseñados para solucionar problemas de la vida diaria. Por medio de este proceso se hace un análisis tanto cualitativo como cuantitativo. Por esta razón, aplicar la educación con enfoque STEM trae sus beneficios para el desarrollo académico de los estudiantes. Siempre y cuando se haga la integración correcta de las actividades. La diferencia de la ciencia tradicional y la educación con enfoque STEM es el ambiente de aprendizaje combinado y mostrando a los estudiantes cómo se puede aplicar el método científico a la vida cotidiana (Departamento de Educación, 2016a). El Departamento de Educación de Puerto Rico sugiere implementar *hands-on/minds-on* (manos abiertas/ mentes abiertas), por medio del método de inquirir y descubrir. Según el Marco Curricular del Área de Ciencias (Departamento de Educación, 2016a), este método consiste en enseñar a los estudiantes a procesar información usando técnicas similares a las que usan los científicos: identificando problemas y usando una metodología particular que permite que el estudiante desarrolle sus propias estrategias para obtener información. Sin embargo, como se estará discutiendo más adelante, el maestro tiene como obligación de crear un currículo en donde este modelo vaya a la par con un proceso de enseñanza que tenga como final la inclusión de actividades manos abiertas/ mentes abiertas (más adelante se estará discutiendo la problematización como proceso escogido en la implementación de este estudio).

No obstante, siempre habrá factores externos que afecten el aprendizaje del estudiante dentro del aula escolar. Por ejemplo, el mayor factor que afecta el aprendizaje en la clase de Física es el nivel de ansiedad y falta de motivación. Se determinó que esta ansiedad se disipa mientras que los estudiantes se envuelven repetidamente en el proceso (Schmidt & Kelter, 2017, p. 2). En un estudio que investigaba sobre la clase de Ciencias, los estudiantes aclararon que la Ciencia era estresante, debido al proceso de experimentación (Schmidt & Kelter, 2017, p. 3). Si no hay un cambio en la forma de implementación, los estudiantes no tendrán una retención del tema debido al ambiente de clases. Esta ansiedad ante la ciencia los lleva a perder un interés profundo del tema, lo que conlleva a la desmotivación por aprender ya que piensan que no pueden.

Por otro lado, hay que tomar en consideración que no todos los estudiantes aprenden de la misma manera. Los estudiantes pueden exhibir logros diferentes dentro del mismo ambiente de aprendizaje (Han, Capraro & Capraro, 2014, p. 1090). El ambiente de aprendizaje más apropiado puede diferir para cada estudiante por sus características (Han, Capraro & Capraro, 2014, p. 1090). El rendimiento del estudiante puede ser influenciado por factores individuales, por ejemplo, nivel socioeconómico, etnia e idioma. Aquí yace la importancia de investigar más sobre el efecto de STEM en clase. Mucho más importante, el efecto de la educación STEM en estudiantes puertorriqueños.

Planteamiento del problema

La preocupación del bajo aprovechamiento académico de los estudiantes de Puerto Rico formula el deseo de investigar un nuevo enfoque educativo que atienda la

conceptualización en clase. Se escogió para este estudio la Educación con enfoque STEM debido a que integra las materias de Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas de tal manera que cumple con las destrezas de descubrir e inquirir que sugiere el Departamento de Educación, además que maximizan el entendimiento de los conceptos en clases. Sin embargo, no hay estudios suficientes que identifiquen el efecto en el aprovechamiento académico de los estudiantes a causa de este enfoque. Para la educación integrada de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM), dado que es relativamente nueva, esta afirmación suena aún más verdadera (Stohlmann, Moore & Roehrig, 2012, p. 28).

El planteamiento del problema surgió de la necesidad de entender si un currículo basado en el enfoque STEM promueve de manera efectiva un mejor aprendizaje, y si el mismo contribuye al desarrollo de la conceptualización en clase. Además, para que las personas puedan funcionar efectivamente en la sociedad actual, deben ser capaces de tomar decisiones informadas sobre cuestiones socio-científicas que ahora son un aspecto común de la existencia moderna (Stohlmann, Moore, & Roehrig, 2012, p. 28). Al concentrarnos en las ventajas de la educación a base de las destrezas del descubrimiento y el inquirir podemos alcanzar potencial intelectual, motivos intrínsecos en vez de extrínsecos, aprendizaje del descubrimiento heurístico y la conservación de memoria (Trowbridge, Bybee & Carlson-Powell, 2000, p. 207). Al ofrecerle a los estudiantes la oportunidad de resolver los problemas del mundo real, dentro de un contexto inmediato, éstos desarrollan una comprensión más profunda del contenido logrando así un aprendizaje significativo (Departamento de Educación, 2016a). No obstante, la educación con enfoque STEM debe darse tomando en consideración tres fallas que cometen los maestros, al intentar la

implementación, mencionadas por Rodger Bybee (2010) en su artículo *Advancing STEM Education: A 2020 Vision*. Estas son: no entender el acrónimo STEM y lo que lo componen; no se ve STEM como un enfoque sinérgico sino tomando en consideración solo Ciencias y Matemáticas; se trabaja la ingeniería olvidando que es una rama que podemos observar y utilizar a diario.

Propósito

El propósito de la educación con enfoque STEM es transformar la enseñanza tradicional hacia una basada en la investigación y resolución de problemas donde los estudiantes se involucren con el contenido y proceso de enseñanza logrando desarrollar una herramienta de solución de problemas (Departamento de Educación, 2016a). Este tipo de aprendizaje dentro del salón de clases llamará la atención de los estudiantes haciendo el material más entretenido y relativo a sus intereses. Para efectos de este estudio se investigó el desarrollo conceptual (conceptualización) del curso de Física a raíz del enfoque STEM. Tomando esto en consideración, se indagó la conceptualización en la implementación de la educación con enfoque STEM dentro del salón de clases para recopilar evidencias sobre el efecto del enfoque educativo en el aprovechamiento académico; a tal manera que los estudiantes pudieran comprender y utilizar los conceptos aprendidos en la implementación en los ejercicios matemáticos y en la explicación de eventos en su vida cotidiana.

Justificación

STEM ha influido positivamente en los resultados académicos y de actividades extracurriculares de los estudiantes (Han, Capraro & Capraro, 2014, p. 1092), en especial la investigación utilizando STEM junto a el proceso de problematización. En un estudio cuantitativo realizado por Freeman et al. (2014), se investigó la comparación entre una clase tradicional y una clase activa utilizando educación con enfoque STEM, obteniendo como resultado que los puntajes de los exámenes promedio mejoraron aproximadamente un 6% en las secciones de aprendizaje activo, y que los estudiantes con clases tradicionales tuvieron 1.5 veces más probabilidades de fracasar que los estudiantes de las clases con aprendizaje activo. Los estudiantes que han experimentado STEM mostraron actitudes positivas hacia el aprendizaje en sí, la comunicación en equipo y el comportamiento colaborativo (Han, Capraro & Capraro, 2014). Dada la importancia mundial otorgada a los logros de STEM, medidos por evaluaciones nacionales e internacionales, no es sorprendente que muchas naciones estén cuestionando la calidad de sus planes de estudio y las acciones estratégicas necesarias para mejorar las disciplinas de STEM (English, 2016, p. 6).

Entre los beneficios de estas investigaciones, se encuentra el desarrollo de programas basados en la educación con enfoque STEM, como por ejemplo *Starbase Puerto Rico*, que ha medido el aprovechamiento académico que tienen los estudiantes en las cinco visitas de adiestramientos que ofrecen. *Starbase Puerto Rico* es un programa sustentado por fondos federales y colaboración de la guardia nacional de Puerto Rico. Según la carta

informativa, publicada por el Departamento de Educación (2017a), *Programa Starbase Puerto Rico*, los estudiantes demostraban un 30% de mejoría en su aprovechamiento académico en tan solo cinco días, de acuerdo con lo recopilado por medio de una pre y posprueba. Si el deseo es avanzar en la integración de STEM y elevar el perfil de todas sus disciplinas, necesitamos centrarnos tanto en el conocimiento del contenido básico como en los procesos interdisciplinarios (English, 2016, p. 6).

En el siguiente trabajo de tesis se deseó acoger la técnica de intervención del programa *Starbase Puerto Rico*. La misma se trabajó con un estudio cuantitativo de causa y efecto. El diseño de investigación es uno cuasiexperimental, siguiendo un método científico, utilizando la variable educación con enfoque STEM como la independiente y el aprovechamiento académico como la variable dependiente. La investigación tuvo como objetivo recopilar datos (por medio de una ANCOVA, acrónimo del inglés *Analysis of Covariance*) para poder obtener más información estadística (comparando resultados de una pre y posprueba luego de la intervención) sobre el efecto de STEM dentro del salón de clases, con el propósito de implementarlo en un futuro en todas las escuelas de Puerto Rico, de traer beneficios.

Pregunta de investigación e hipótesis

Al ser este un estudio cuantitativo se redactó la hipótesis de la siguiente manera: La intervención de la educación con enfoque STEM en el currículo académico causará un efecto positivo en el aprovechamiento académico de los estudiantes en la clase de Física. Se redactó de manera direccional por toda la revisión de literatura positiva que se recopiló

sobre el efecto del método de enseñanza en el aprendizaje de los estudiantes. Un aspecto importante de la declaración o pregunta es transmitir información sobre las variables que se investigarán (McMillan, 2008, p. 35). Al ser el tema de STEM uno muy abarcador, tenemos la siguiente pregunta redactada para que nuestra Revisión de Literatura tenga un mejor enfoque del tema de investigación, ¿Qué tan significativo será el efecto del enfoque pedagógico STEM en el aprovechamiento académico de los estudiantes en la clase de Física?

Definiciones de variables

Según McMillan (2008, p. 36),

Uno de los términos más comúnmente utilizados en la investigación cuantitativa es variable. Una variable es una etiqueta o nombre que representa un concepto o característica. Una característica es un rasgo que usamos para describir a alguien, como alto, masculino, creativo o promedio. Los investigadores usan variables en lugar de *conceptos* o *características* porque la mayoría de lo que se estudia varía, es decir, implica variaciones que pueden describirse numérica o categóricamente.

A continuación, se estará describiendo las diferentes variables que se midieron en la investigación. Es importante connotar que, según McMillan (2008), hay una diferencia entre una definición conceptual y operacional. Estas definiciones tienen ambas características ya que comunican lo que se va a investigar de cada variable, y se va a mencionar como se van a medir y manipular las variables dependiente e independiente.

Aprovechamiento académico: desempeño o rendimiento académico que los estudiantes demuestran en algún instrumento de medida estandarizada. Para efectos de esta investigación, mediremos el aprovechamiento académico (variable dependiente) por medio de una pre y posprueba. Según el Departamento de Educación (2016b) en su Carta Circular 04-2016-2017 (*Política pública sobre la organización y oferta curricular del Programa de Ciencias para las Escuelas de la Comunidad Primarias y Secundarias del Departamento de Educación de Puerto Rico*),

La evaluación del aprovechamiento académico es un proceso sistemático y continuo. La evaluación permite emitir juicios sobre el aprovechamiento académico alcanzado por el estudiante con relación al desarrollo de conceptos, destrezas y actitudes alineados a los estándares de contenido por grado y por materia (Carta Circular Núm. 04-2016-2017).

Desarrollo conceptual: ocurre cuando los estudiantes tratan de darles significado a las actividades cotidianas (Álvarez, 2006, p. 233) utilizando conceptos aprendidos en clase.

Educación con enfoque STEM: *STEM Task Force Report* del 2014 adopta la opinión de que la educación con enfoque STEM es mucho más que una "integración conveniente" de sus cuatro disciplinas, sino que abarca "el aprendizaje basado en el mundo real, basado en problemas" que vincula las disciplinas de enseñanza y aprendizaje" (English, 2016, p. 2) Por sus siglas en inglés STEM significa *Science, Technology, Engineering and Mathematics*. En algunas ocasiones, se le añade la *A* de Artes formando STEAM, o la *R* de

research formando STREAM. Para efectos de este trabajo se utilizaron solo las siglas STEM, debido a que es el acrónimo con el cual se encuentra mayor cantidad de revisión de literatura. Esta es nuestra variable independiente y se implementó continuamente en el salón de clases por una duración de 4 semanas (una actividad STEM por semana).

Exploración: Problematización de los asuntos abordados evitando disertar acerca del asunto planteado (Rivas & Turull, 2005, p. 227).

Física: La Física es la más básica de las ciencias y trata de estudiar el comportamiento de la estructura de la materia (Giancoli, 2005, p. 2). La Física se divide en dos ramas: Física clásica y física moderna. Para efectos de esta investigación nos concentraremos en la Física clásica con el tema del movimiento (rapidez, velocidad y aceleración; y todos los conceptos que lo componen).

Grupo control: Grupo de participantes que no tuvo la intervención del enfoque STEM. Se puede apreciar mejor las diferencias si el efecto se ve evidente en un grupo y no en el otro si se utiliza un grupo control (Johnson & Christensen, 2016, p. 291).

Grupo experimental: Grupo de participantes que tuvo la intervención del enfoque STEM. El grupo experimental es el grupo que recibe la condición de tratamiento experimental (Johnson & Christensen, 2016, p. 336).

Problematización en el aprendizaje: proceso de facilitar la creación de conflictos cognitivos en los estudiantes, de manera que los mueva a analizar, reflexionar, investigar, crear, actuar y evaluar para construir nuevos aprendizajes (Velázquez & Figarella, 2018, p. 80).

Prueba: Una prueba es un instrumento que requiere que los participantes completen una tarea cognitiva respondiendo a una serie de preguntas estandarizadas (McMillan, 2008, p. 160). Para la medición del efecto que tuvo STEM en el aprovechamiento académico se administró una pre y posprueba (antes de la intervención y después de la intervención).

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

Introducción

La mayoría de la información que se ha recopilado de STEM ha sido de investigaciones cualitativas, basadas en observaciones y entrevistas a estudiantes y/o maestros. No se ha podido evidenciar su efecto por completo, pero sí se ha justificado estadísticamente que existe una diferencia entre el aprovechamiento académico de los estudiantes que han tenido la intervención de STEM en su educación, de los que no (Han, Rosli, Capraro & Capraro, 2016). Lo que no se ha comprobado es si es una diferencia positiva (que sea significativa). La siguiente información forma parte del Marco Teórico y el Marco Empírico del trasfondo de la educación con enfoque STEM, y justificará el por qué es necesario desarrollar una investigación cuantitativa en donde recopilemos la estadística adecuada para determinar el efecto de la integración de STEM en el salón de clases. El problema de investigación es examinar el efecto de la integración de educación con enfoque STEM en el aprovechamiento académico en la clase de Ciencias. Para la creación de este problema se tomó en consideración los criterios de evaluación de un problema de investigación cuantitativa de McMillan (2008):

- ✓ el problema debe de ser investigable;
- ✓ el problema debe de ser importante;
- ✓ el problema debe de indicar el tipo de evaluación;
- ✓ el problema debe de especificar la población;

- ✓ el problema debe de especificar las variables;
- ✓ el problema debe de ser claro.

Partiendo del problema presentado, esta investigación debe crearse desde la perspectiva de un paradigma positivista y con una ruta de causa y efecto. Es por esta razón que la implementación fue una con medición cuantitativa, donde se llevó a cabo una investigación con diseño cuasiexperimental; para así medir el efecto que tuvo la educación con enfoque STEM en su aprovechamiento académico. Primero, tenemos que discutir el trasfondo del tema a base de nuestra pregunta: ¿Qué tan significativo será el efecto del enfoque pedagógico STEM en el aprovechamiento académico de los estudiantes en la clase de Física?

Marco teórico

Debido a su naturaleza positivista, se espera que la ontología describa sola una realidad objetiva y medible. Podemos compararlo con el paradigma científicista que nos indica que está orientado por los restos del paradigma positivista-lógico, que Habermas define como la fe de la ciencia en sí misma; esta noción de paradigma corresponde a la noción metafísica o meta-paradigmática de Masterman: la ciencia (Física) y la metodología científica como único paradigma (Ortiz, 1993, p. 20). Pero, el paradigma positivista persigue el realismo crítico, de que la realidad existe (Ortiz, 1993, p. 20).

Se realizó el estudio desde este paradigma con el propósito de crear una metodología cuasiexperimental, en donde podamos manipular las variables (siendo estas la implementación de la educación con enfoque STEM y aprovechamiento académico de

los estudiantes). El enfoque positivista parte de teorías previamente seleccionadas de la cual se extraen, por un enfoque hipotético-deductivo, hipótesis que se comienza a contrastar en la investigación para confirmarlas o desecharlas (Meza Castante, 2003, p. 3). Para efectos de esta investigación, y explicada con profundidad más adelante, la hipótesis de este estudio es que la intervención de la educación con enfoque STEM en el currículo académico causará un efecto positivo en el aprovechamiento académico de los estudiantes en la clase de Física. Fue por esta razón que, anterior a la intervención, se esperaba que una educación con enfoque STEM auténtica forje el conocimiento conceptual de los estudiantes sobre la naturaleza interrelacionada de la ciencia y las matemáticas, para permitir que los estudiantes desarrollen su comprensión de la ingeniería y la tecnología (McDonald, 2016, p. 530).

Esta hipótesis fue construida con el propósito de hacer un experimento para comprobarla. Al no poder llevar a cabo la asignación aleatoria de participantes a los grupos experimentales o control, se llevó a cabo un cuasiexperimento. Según Ortiz (1993), su validación resulta del contraste de sus consecuencias teóricas (deductivas) con las observaciones. Al ser un estudio de causa y efecto, el paradigma positivista es lo más conveniente, debido a que asume que es posible establecer las causas de los hechos, según Meza Castante (2003). El paradigma positivista ayudó a ser más precisos en los resultados ya que solo se midió una realidad. En efecto, el positivismo supone que la realidad está dada y que puede ser conocida de manera absoluta por el sujeto cognoscente y que, por tanto, de lo único que había que preocuparse era de encontrar el método adecuado y válido

para “descubrir” esa realidad (Dobles, Zúñiga y García (1998) en Meza Castante, 2003, p. 1).

De acuerdo con el paradigma positivista se realizó un diseño cuasiexperimental. Un diseño de investigación cuasiexperimental es un diseño de investigación experimental que no proporciona un control total de las posibles variables de confusión (Johnson & Christensen, 2016, p. 355). Realizando un diseño cuasiexperimental se pudo verdaderamente observar el efecto que tuvo STEM en el aprovechamiento académico, utilizando grupos de una población específica. La razón principal por la que no se logra el control total es que los participantes no pueden asignarse al azar a grupos (Johnson & Christensen, 2016, p. 355). No obstante, se escogieron de forma aleatoria las escuelas con las cuales se trabajó de una lista de escuelas disponible en la Oficina Regional Educativa de San Juan. De esta manera, se pudo tener ciertas características iguales en la muestra. Hay que recordar que la selección de forma aleatoria de las escuelas no es lo mismo que asignación aleatoria a los grupos. En el estudio cuasiexperimental no hay asignación aleatoria lo cual podría ser una limitación para el estudio, ya que podría ser una amenaza a la validez interna del estudio (Johnson & Christensen, 2016, p. 355). Pero es lo más cercano a un experimento cuando se trabaja en escuelas. Por ejemplo, Johnson & Christensen (2016) mencionan que, por lo general, no es posible asignar estudiantes al azar a clases porque el año escolar ya podría haber comenzado y el sistema escolar no está dispuesto a permitirle reasignar estudiantes a las aulas. Debido a que el diseño cuasiexperimental da una flexibilidad de trabajar con grupos que ya existen sin la necesidad de hacer re-arreglos, es un diseño que beneficia en la investigación de grupos escolares preexistentes. Se utiliza

este diseño porque se aproxima mucho a los diseños experimentales más deseables, pero por su selección no aleatoria, se usa comúnmente en la investigación educativa (McMillan, 2008, p. 230).

El propósito fue crear una investigación que vaya acorde con sus fundamentos, siendo éste el método científico. No obstante, trabajar una investigación conlleva a tomar en consideración ciertos aspectos escolares como, por ejemplo, la organización que tenía el plantel antes de la intervención. Es por esto por lo que se estudia como cuasiexperimental, para así tener un solo enfoque metodológico.

Implementación de STEM dentro del salón de clases

En una conferencia del *Australian Science Teacher Association: Science Teachers Exchange*, en Japón (2015), los maestros aclaraban que la mejor manera de observar el efecto de STEM en los estudiantes, era por medio de la experimentación (tanto para el maestro, como para el estudiante, en las tareas de la clase). Para algunos, [la educación con enfoque STEM] introdujo nuevas formas de pensar sobre la enseñanza basada en la investigación (ASTA Science Teachers Exchange, 2015). Un maestro comentó que el valor [de la educación con enfoque STEM] era inculcar a los niños a pensar profundamente y diseñar su propio procedimiento de investigación por medio de la investigación. Mientras que otro comenta que toda investigación basada en STEM debe llevarse bajo diferentes procesos de “prueba y error” (*trial and error*, en inglés), a través de un ángulo de resolución de problemas como en los experimentos (ASTA Science Teachers Exchange, 2015). Implementando actividades con enfoque STEM en los salones de clases, podemos

desarrollar de manera positiva el pensamiento científico en los estudiantes y el desarrollo conceptual.

No obstante, se han realizado pocas investigaciones para identificar en qué medida la educación con enfoque STEM puede mejorar el aprovechamiento académico medido por evaluaciones estandarizadas (Tolliver, 2016, p. 2). A pesar del avance que ha tenido no se sabe si tiene un efecto. Es por esta razón que, se ha iniciado un impulso nacional para un aumento en la educación con enfoque STEM para los estudiantes de todos los grados, con el propósito de prepararlos para trabajos del siglo XXI (Tolliver, 2016, p. 4). La administración del expresidente, Barack Obama, se esforzó por lograr que 100,000 profesores se convirtieran en altamente calificados en educación con enfoque STEM como parte de su programa de educación *Race to the Top* (RTTT) (Koebler, citado en Tolliver, 2016). La creencia es que con la exposición a la educación con enfoque STEM, y su contenido, los estudiantes serán desarrollados y mejor equipados para el éxito futuro (Tolliver, 2016, p. 4).

La investigación actual no ha abordado si la implementación de la educación con enfoque STEM en la escuela primaria [por ejemplo] cambia la eficacia de los estudiantes en términos de matemáticas y puntuación de lectura y, a su vez, si influye positivamente en el rendimiento estudiantil medido por las evaluaciones estandarizadas (Tolliver, 2016, p.14). Casi todos los estudios relacionados a STEM han sido de manera cualitativa, observando la preparación de los maestros para la implementación de STEM. También muchos estudios que se han explorado para esta revisión de literatura eran longitudinales, para investigar si la implementación STEM en la escuela influenciaba en la toma de

decisiones de carreras en la Universidad. Uno de los pocos estudios con datos cuantitativos que se han realizado fue conducido por Thomas (2013, citado por Tolliver, 2016), utilizando datos de estudiantes de cuarto grado. El propósito de la investigación fue estudiar el efecto que tuvo el currículo de STEM en los logros y actitudes de los alumnos de cuarto grado en matemáticas (Thomas, 2013, citado por Tolliver, 2016). Este estudio fue mixto, con el propósito de evaluar el impacto de la educación con enfoque STEM en el rendimiento de los alumnos de 4° grado, el investigador analizó datos de evaluación estandarizados de una población de 1754 estudiantes de cuarto grado; 70 estudiantes de cuarto grado sirvieron como muestra para la variable de actitud (Thomas, 2013, citado por Tolliver, 2016, p. 50). El estudio nos ofrece información de la implementación, pero no nos brinda unos datos más precisos del efecto y no probó de manera exitosa los cambios que sucedieron. Todo lo contrario, en cierta manera fue un estudio que abrió camino a más preguntas.

Se reconoce que las estrategias de la educación de STEM se basan en los conceptos, teorías y los valores de la instrucción interdisciplinaria; todo el marco de la educación de STEM se deriva del modelo de instrucción interdisciplinario de Jacobs [junto a John Dewey] (Stohlmann, Moore y Roehrig, 2012, citados en Tolliver, 2016, p. 33). Al ser STEM un tema investigativo tan amplio, todavía no se ha cubierto todas sus estrategias. El Departamento de Educación (2016a) en el *Marco Curricular del área de Ciencias* sugiere para la implementación de STEM las actividades de: discusión, demostración, laboratorio, la excursión, representación de roles, estudio o análisis de casos, simulaciones y laboratorio virtual; lo cual van de la mano con las creencias de Jacobs y Dewey.

Sin embargo, la estrategia que utiliza mucho la educación con enfoque STEM es la de problematización. Tomando como base la concepción freiriana de que el proceso educativo, cuando es verdadero, es problematizado (Rivas & Turull, 2005, p. 227), el enfoque STEM requiere que el proceso educativo sea uno de solución de problema; haciendo de este uno efectivo para el estudiante. Esta estrategia ha inspirado preguntas e investigaciones sobre las mejores estrategias de instrucción para satisfacer las necesidades de aprendizaje de los estudiantes de hoy (Tolliver, 2016, p. 34). Es por tal razón que, se ha acogido al proceso de intervención a los estudiantes con las actividades.

Marco empírico

Currículo escolar

Para el desarrollo holístico de nuestro estudiantado, el currículo de ciencias debe proveer una educación de alto rigor, sea accesible y con una intervención apropiada para ofrecer una educación diferenciada de alta calidad que propenda el éxito de cada estudiante enmarcado en altas expectativas (Departamento de Educación en el *Marco Curricular del Área de Ciencias*, 2016a, p. 5). En el *Marco Curricular del Área de Ciencias* (Departamento de Educación, 2016a) se establece que, entre los objetivos de conocimiento que se desea que el estudiante aplique son,

- ✓ Explica, utiliza y aplica los conceptos científicos adecuadamente para el nivel en el que se encuentra.
- ✓ Utiliza los conceptos, principios y generalizaciones de las ciencias naturales en diferentes contextos para solucionar problemas.

- ✓ Aplica el conocimiento científico para interpretar, analizar situaciones y diseñar alternativas de solución a los problemas de la vida diaria.
- ✓ Entiende la relación de interdependencia que existe entre la ciencia, tecnología, ingeniería y las matemáticas (STEM), así como su impacto en la sociedad.
- ✓ Entiende que la actividad científica ocurre en un contexto histórico y social.
- ✓ Comprende que el modo de obtener el conocimiento en las ciencias naturales es tan importante como el conocimiento mismo.

Entre los objetivos más importantes del currículo de enseñanza diseñado por el departamento es que los estudiantes utilicen su pensamiento científico, desarrollado dentro del salón de clases, como una destreza de solución de problemas en la vida cotidiana. Por otro lado, pretenden reconocer los valores y la ética detrás de la ciencia a enseñar considerando la investigación científica como una búsqueda de diferentes soluciones hacia los problemas ecológicos actuales. Para cada materia el Departamento de Educación (2014b) desarrolla Estándares de contenido y Expectativas de grado:

- ✓ Estructura y Niveles de Organización de la Materia
- ✓ Interacciones y Energía
- ✓ Conservación y Cambio
- ✓ Diseño de Ingeniería (nivel secundario)

A estos cuatro estándares se integran los siguientes:

- ✓ Naturaleza de las Ciencias, Ingeniería, Tecnología y Sociedad con la Naturaleza en el nivel primario y secundario.
- ✓ Sistemas y Modelos

Estos están integrados en el contenido de todas las unidades curriculares y se presentan en los cuatro estándares permanentes.

Tomando en consideración que el enfoque bajo estudio es STEM, y que lo que se deseó estudiar del enfoque es el desarrollo conceptual, es importante hacer la distinción al estándar de diseño de ingeniería. Bybee (2013, p. 78) menciona que cuando se habla del enfoque STEM se hace muy poca referencia a las áreas de ingeniería y tecnología ya que pueden representar un reto para los proyectos escolares relacionados al emprendimiento del enfoque. Bybee (2013, p. 1885) establecía que,

La educación con enfoque STEM también debe introducir más ingeniería durante la educación pre-colegial. La ingeniería está directamente involucrada en la resolución de problemas y la innovación, dos temas con alta prioridad en la agenda de cada nación. Dada su relación con una economía del conocimiento, los estudiantes deben aprender sobre ingeniería y desarrollar algunas de las habilidades y habilidades asociadas con el proceso de diseño.

De acuerdo con esta cita, se hace referencia al estándar de Diseño para Ingeniería que presenta el Departamento de Educación (2014b) en el documento de *Estándares de contenido y expectativas de grado*. El mismo presenta lo siguiente:

1. Estándar: Diseño para Ingeniería
2. Expectativa F.IT1: Diseño para ingeniería
 - a. Definir y delimitar problemas de ingeniería: Mientras más precisas sean las especificaciones y limitaciones de un diseño, habrá mayor probabilidad de

que la solución resulte exitosa. Establecer las especificaciones incluye, identificar las características físicas y las funciones del sistema que limitan las posibles soluciones.

- b. Desarrollar posibles soluciones: Las soluciones deben ser puestas a prueba y luego modificadas a base de los resultados de la prueba. Existen procesos sistemáticos para la evaluación de soluciones con respecto a cuan bien atienden las especificaciones y limitaciones de un problema. Algunas veces se pueden combinar soluciones distintas para crear una solución que es mejor que todas las anteriores. Todos los tipos de modelos son importantes para probar las soluciones.
- c. Optimizar la solución del diseño: Aunque un diseño puede que no resulte ser el mejor en todas las pruebas, identificar las características del diseño que funcionaron mejor en cada prueba puede proporcionar información útil para el proceso de rediseño, es decir, algunas de esas características se pueden incorporar en el nuevo diseño. El proceso interactivo de poner a prueba las soluciones más prometedoras y modificar lo que se propone a base de los resultados de las pruebas, lleva a un mayor refinamiento de la idea y finalmente a la solución óptima.

Cada estándar tiene especificaciones que se tomaron en consideración para la creación de las actividades. Para efectos de esta investigación los indicadores que se trabajaron en la implementación fueron:

3. ES.F.IT1.IT.1

- a. Identifica una posible solución a un problema real y complejo, dividiéndolo en problemas más pequeños y manejables que se pueden resolver usando conocimientos de ingeniería.

4. ES.F.IT1.IT.3

- a. Utiliza los medios tecnológicos a su alcance para diseñar prototipos, modelos y alternativas para solucionar problemas de la vida diaria u optimizar la utilidad de modelos ya existentes.

Por otro lado, en las actividades se tomó un segundo estándar:

1. Estándar de Estructura y niveles de organización de la materia, Interacciones y energía, Conservación y cambio
2. Área de dominio Fuerzas e interacciones
3. Expectativa F.CF2: Movimiento y estabilidad: Fuerzas e interacciones
 - a. **Fuerza y movimiento:** La segunda ley de Newton predice con exactitud los cambios en movimiento de los objetos macroscópicos, pero requiere revisión en cuanto a las escalas subatómicas o a velocidades que se acercan a la velocidad de la luz. Se define el momentum para un marco de referencia particular como la cantidad de masa multiplicada por la velocidad del objeto. En cualquier sistema, el momentum total siempre se conserva. Si un sistema interactúa con objetos fuera de sí mismo, el momentum total del sistema puede cambiar; sin embargo, estos cambios se balancean con los cambios en el momentum de los objetos fuera del sistema.

- b. **Tipos de interacciones:** La ley de gravitación universal de Newton y la Ley de Coulomb ofrecen los modelos matemáticos para describir y predecir los efectos de las fuerzas gravitacionales y electrostáticas entre objetos distantes. Las fuerzas a largo alcance se pueden explicar a través de campos que permean el espacio y que pueden transferir energía a través del espacio. Tanto los imanes como los campos eléctricos cambiantes causan campos magnéticos; los campos magnéticos cambiantes causan corrientes eléctricas. Las fuerzas de atracción y repulsión entre cargas eléctricas a escala atómica explican la estructura, las propiedades y las transformaciones de la materia, así como las fuerzas de contacto entre los materiales. Las interacciones nucleares fuertes y débiles dentro del núcleo del átomo son importantes, por ejemplo, determinan los patrones de estabilidad de los isótopos y qué tipo de declives ocurren en los isótopos inestables.
- c. Estabilidad e inestabilidad en los sistemas físicos: Los sistemas suelen cambiar de forma predecible. Comprender las fuerzas que impulsan las transformaciones y los ciclos dentro de un sistema, así como las fuerzas impuestas sobre el sistema desde el exterior, ayuda a predecir su comportamiento bajo distintas condiciones. Cuando un sistema se compone de un gran número de piezas, resulta más difícil hacer predicciones precisas sobre su futuro. En estos casos, se suelen predecir propiedades y conductas promedio, más no los detalles de éstas. Los sistemas pueden evolucionar de

forma impredecible cuando el resultado depende de la condición inicial y esta no puede describirse con suficiente precisión para distinguir entre distintos resultados posibles.

Esta estándar está compuesto por muchos indicadores de los cuales se seleccionó el siguiente para la implementación:

1. ES.F.CF2.IE.1

- a. Diseña un modelo para explicar el movimiento en una dimensión a través de la descripción verbal, gráfica y matemática. El énfasis es en la descripción del movimiento a través de los conceptos: distancia, desplazamiento, rapidez, velocidad y aceleración. Se integrará el uso de las unidades del Sistema Internacional de Medidas y sus conversiones, las cifras significativas, la notación científica y despejar ecuaciones matemáticas.

A base de estos estándares, expectativas e indicadores se implementaron las actividades basadas en el enfoque STEM dentro del salón de clase con los conceptos físicos discutidos más adelante. De igual manera, estos estándares son esenciales en la construcción de la prueba ya que se presentaron ejercicios que presentaron una situación en donde se desarrollaron los conceptos de movimiento y el estudiante tuvo que encontrar una posible solución verbal, gráfica o matemáticamente.

Además del documento de estándares y expectativas, el Departamento de Educación (2016a, p. 24) estableció en el *Marco Curricular del Área de Ciencias* se incorporó materiales curriculares que ayudaron el proceso de la planificación, como lo son:

calendario de secuencia, herramienta de alineación curricular, anejos y otros recursos. Los

mapas curriculares son un medio para:

- ✓ Profundizar en el entendimiento conceptual del docente y el alumno.
- ✓ Asegurarse de que se trabaja alineando con los documentos de estándares.
- ✓ Identificar actividades apropiadas para promover entendimiento.
- ✓ Sintetizar y presentar los aspectos fundamentales que todo profesor tiene que trabajar en su curso.

Entre los conceptos transversales e ideas fundamentales de la disciplina están: patrones; causa y efecto; sistemas y modelos de sistemas; energía y materia; estructura y función; ética y valores en la ciencia; escala, proporción y cantidad; y estabilidad y cambio. Estos conceptos se presentan en todas las Ciencias que ofrece el Departamento de Educación.

Las Ciencias secundarias son: Ciencias Terrestres, Biología, Química, Física y Ciencias Ambientales. Mientras que cada materia tiene sus propios conceptos generales, nos concentraremos solo en los de Física:

- Electricidad y magnetismo
- Física
- Metodología científica
- Movimiento y fuerza
- Ondas
- Sonido y luz
- Trabajo y energía

Dentro de cada concepto general, el Departamento de Educación presenta en el documento de Estándares y Expectativas conceptos específicos.

Es importante recalcar que todos los documentos redactados por el Departamento de Educación son tomados en consideración para esta investigación debido a que promueven la cultura científica. Alineada con los objetivos y los estándares publicados, el Departamento de Educación (2014b) en el documento de *Estándares de Contenido y Expectativas de Grado* menciona que sus documentos son fundamentados en la visión de que el estudiante debe desarrollar una cultura científica con el propósito de que adquiera conocimiento y utilice el modo de pensar científico para la toma de decisiones informadas y para emitir juicios bien fundamentados. Citando el documento de *Estándares de contenido y Expectativas de Grado* (2014) se recomienda que los mismos se utilicen de forma que toda persona posea una cultura científica para desempeñarse como ciudadano responsable y consciente, que contribuye a mejorar la calidad de vida, así como para desarrollar su capacidad para lograr un empleo productivo. El currículo (y documentación) creado por el Departamento de Educación aspira a que cada estudiante se gradúe adquiriendo cultura científica. Esta definición y creencia del Departamento va acorde con el enfoque STEM que se deseó investigar y que, según la revisión de literatura realizada, apoya al desarrollo de la cultura científica en el estudiante.

Currículo del curso de Física

Para esta investigación, se eligió la clase de Física como escenario debido a que es la Ciencia en donde los estudiantes expresan mayor dificultad debido a la idea equivocada

de que es aburrida, difícil o irrelevante (Williams, Stanisstreet, Spall, Boyes & Dickson, 2003, p. 324). La secuencia curricular se basa en los temas:

- La naturaleza de la ciencia, el pensamiento crítico y la indagación (6 semanas de enseñanza)
- Cinemática y dinámica del movimiento (6 semanas de enseñanza)
- Fuerzas y movimiento (6 semanas de enseñanza)
- Trabajo y energía (6 semanas de enseñanza)
- Ondas (6 semanas de enseñanza)
- Transferencia y transformaciones de la energía (6 semanas de enseñanza)

Para la intervención se escogió la secuencia curricular Cinemática y dinámica del movimiento. El Departamento de Educación (2014b, p. 6) en el documento de *Estándares de Contenido y Expectativas de Grado* establece que con el enfoque de contenido para esta secuencia el estudiante podrá:

- Describir el movimiento de un cuerpo al utilizar diagramas, puntos de referencia, y vectores.
- Comparar los conceptos distancia, desplazamiento, rapidez, velocidad, aceleración y caída libre.
- Identificar las cuatro fuerzas fundamentales, y el ambiente en el que se puede observar cada una.
- Definir operacionalmente diversos tipos de fuerza, tales como fricción, fuerza normal, fuerza de empuje, fuerza de tensión y peso.
- Analizar la magnitud y la dirección de una fuerza neta.

- Evaluar las aplicaciones de las leyes del movimiento de Newton (primera, segunda y tercera) en situaciones de la vida cotidiana.
- Examinar diversas situaciones en las que las fuerzas están en equilibrio.
- Diseñar objetos de seguridad para la vida diaria a partir de su comprensión sobre cómo actúan las fuerzas.
- Analizar el movimiento de objetos en planos inclinados y de los proyectiles (movimiento en dos dimensiones).
- Analizar el efecto de la temperatura en el movimiento de la materia al nivel molecular.

Entre el vocabulario de contenido, se hizo la intervención específicamente con el contenido de desplazamiento, distancia, cantidad escalar, cantidad vectorial, velocidad, rapidez, punto de referencia, resultante, dirección y aceleración.

Educación de STEM en la Historia

Históricamente, STEM comenzó como un término educativo por Judith Ramaley, cuando trabajó en la *National Science Foundation* (NSF) a principios de los años 2000 (Dugger, 2010, citado en Tolliver, 2016, p. 37). La educación con enfoque STEM es diseñada para crear estudiantes con comprensión científica y fomentar la innovación (Tolliver, 2016, p. 37). Los defensores de STEM asumen que, si los educadores están enseñando la educación con enfoque STEM de la manera que se diseña, el método de instrucción debe tener un impacto positivo significativo en el rendimiento de los estudiantes (Brown, 2012, citado en Tolliver, 2016, p. 38). Los educadores, políticos y personas de negocios entienden el beneficio de implementar la educación con enfoque

STEM en los salones de clases (Tolliver, 2016, p. 38). Para el desarrollo de STEM se han realizado diferentes campañas como:

1. *The Partnership for 21st Century Skills* (2012)
2. *Educate to Innovate*, del ex Presidente Obama
3. *Race to the Top*, del Presidente Obama
4. *Step up to the Challenge: STEM aquí en Puerto Rico* por las compañías GWorks y AMGEN.

Pero el verdadero cambio comienza desde el salón de clases y la implementación de un currículo innovador por un maestro preparado en el enfoque. Es necesario el desarrollo de unidades curriculares integradas que promuevan el logro de los estándares y expectativas de grado de ciencias, basados en las tres disciplinas académicas principales: ciencias biológicas, ciencias físicas y ciencias de la tierra y el espacio y la integración de las ciencias, ingeniería y tecnología (Departamento de Educación, 2016a). Para que STEM sea más exitoso, debe de haber un cambio de paradigma en las prácticas de pedagogía de los profesores (Tolliver, 2016, p45).

Informes y organizaciones que han experimentado o investigado con STEM

Robert Carter (2013) menciona organizaciones que han evolucionado con la implementación de STEM. Estas son: *Technically Speaking* (National Research Council (NCR), 2002), *Successful K-12 STEM Education: Identifying Effective Approaches in Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (2011), *Preparing the Next Generation of STEM Innovators: Identifying and Developing Our Nation's Human Capital* (National Science Board [NSB], 2010), *Invention and Impact: Building Excellence in*

Undergraduate Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) Education (American Association for the Advancement of Science [AAAS], 2004), and *The Overlooked STEM Imperatives: Technology and Engineering* (The International Technology Education Association [ITEA], 2010). Cada uno ha sugerido que la eficacia de nuestra nación [Estados Unidos] como líder global depende de un currículo educativo sólido que prepare a los estudiantes en disciplinas de STEM (Carter, 2013, p. 5).

El problema surge cuando no se sabía cómo integrar STEM de manera natural, de manera que el estudiante supiera aprovechar completamente el material dado en clase. Además, si no había el conocimiento de saber cómo implementarlo, no se podía determinar si era efectivo. Todas las agencias apoyaban la educación con enfoque STEM para el futuro laboral, pero no para el completo aprovechamiento académico en las escuelas. Según citado en Robert Carter (2013), Roberts (2012) propuso que la educación con enfoque STEM se definiera como una metodología integradora para la enseñanza y el aprendizaje, y que STEM se aplicara mejor cuando los límites entre disciplinas individuales se desglosan de modo que puedan ser enseñados como una materia.

Solo cuando la implementación es adecuada, la educación con enfoque STEM va a tener un efecto positivo. Para que esta implementación sea adecuada tienen que preparar a los maestros a desarrollar un currículo con actividades de problematización. Las lecciones STEM basadas en problemas preparan al alumno a aplicar eficazmente el currículo aprendido a problemas de la vida real y apoyar el desarrollo de habilidades de razonamiento lógico (Carter, 2013, p. 46). La integración de las materias en la educación con enfoque STEM requiere estrategias de instrucción basadas en la reforma instruccional, tales como

el aprendizaje basado en la investigación, el aprendizaje basado en problemas y en proyectos (Erdogan & Stuessy, 2015, p. 1520). Cada estrategia instructiva tiene como objetivo conducir a los estudiantes a pensar críticamente, a innovar y a intentar solucionar los problemas presentados en clase y en general (Avery, 2010, et al., citado en Erdogan & Stuessy, 2015).

Escuelas con enfoque STEM vs. escuelas sin STEM

En Estados Unidos, el [ex] Presidente Obama lanzó un reto al sistema educativo de Estados Unidos para crear más de 1,000 nuevas escuelas enfocadas en STEM durante la próxima década, incluyendo 200 escuelas secundarias (Lynch, Behrend, Burton & Means, 2013, p. 2). Al comparar a las escuelas con enfoque educativo STEM a escuelas tradicionales se encontró que los estudiantes de las escuelas STEM se desempeñaron ligeramente mejor en la prueba de matemáticas, obteniendo 1.8 veces más probabilidad de cumplir con los estándares de lectura y matemáticas de alta participación y 0.8 veces menos probabilidades de ausentarse de la escuela (Erdogan & Stuessy, 2015, p. 1517). Además, los estudiantes que asistían a las escuelas STEM obtuvieron mejores resultados en las pruebas de Matemáticas y Ciencias de alta participación y tenían 1.5 veces más probabilidades de cumplir con los estándares de Lectura, Matemáticas, Ciencias e Historia (Erdogan & Stuessy, 2015, p. 1517). Finalmente, no hubo diferencias significativas en ningún otro nivel de grado, sugiriendo beneficios limitados de las escuelas STEM (Erdogan & Stuessy, 2015, p. 1517).

El problema surge en que los maestros no tienen las capacidades ni las destrezas para desarrollar un currículo con enfoque STEM. No están preparados. En entrevistas con

maestros de Matemáticas de primer año de escuela intermedia, Dailey, Bunn y Cotabish (2015) citan a Desimon y colegas cuando menciona que encontraron que muchos maestros indicaron que estaban mal preparados para el trabajo. En las entrevistas, los maestros declararon que carecían de contenido específico que necesitaban para enseñar en su nivel de grado (Dailey, Bunn y Cotabish, 2015). Esto no solo sucede en las escuelas STEM, si no en la mayoría de las escuelas regulares.

Efectos de la educación con enfoque STEM

Basado en la literatura actual, hay evidencia sólida de que la comprensión, las creencias y las percepciones de los educadores juegan un papel vital en la toma de decisiones, la acción académica, la planificación educativa, las ofertas de cursos para los estudiantes y la implementación de iniciativas de cambios (Díaz et al., citado en Davis, 2015, p. 5). Todo depende de la implementación de los maestros de tareas con enfoques STEM en su salón de clases. El Departamento de Educación (2017b) en su Carta Circular 13-2016-2017 provee un mapa curricular y un calendario académico, pero el maestro tiene la libertad de crear las actividades. Al respecto, el currículo del Programa de Ciencias debe proveer una educación de calidad, atractiva al estudiante, que responda a las necesidades de la sociedad (Departamento de Educación, *Estándares de Contenido y Expectativas de Grado*, 2014b). Aquellos que abogan por la integración del currículo, porque creen que tiene efectos directos sobre los estudiantes, citan tres argumentos sobre STEM: transferencia efectiva, enfoque y motivación (Ross, 1998, citado en Davis, 2015, p. 4).

A pesar de que se ha observado que el efecto de la educación con enfoque STEM varía según las características personales de los participantes en la población (Tolliver,

2016), se han observado efectos positivos. Pero hay que recordar que las grandes expectativas para el aprendizaje y las relaciones cercanas con los maestros, por ejemplo, están asociadas con la eficacia escolar en general (NRC, 2011, citado en Means, House, Young, Wang & Lynch., 2013). Por otro lado, académicamente, se pueden observar los siguientes efectos según Means, House, Young, Wang y Lynch (2013, p. 6):

- Expectativas de aprendizaje más altas
- Relación estudiante-profesor y estudiante-estudiante más efectiva
- Motivación para ir a la Universidad
 - u obtener cursos de nivel Universitario
- Manejo fluido de la tecnología

Todo esto se debe a la experiencia STEM si el maestro está bien preparado, el currículo es uno con enfoque estrictamente STEM y se impulsa al estudiante a la búsqueda de solución en el mundo real integrando STEM (Means, House, Young, Wang & Lynch, 2013, p. 6). Pero, como se mencionó anteriormente, hay muchos factores que afectan el efecto positivo de la integración. Estos son (Means, House, Young, Wang & Lynch 2013; Han, Capraro & Capraro, 2014):

- Raza
- Género
- Nivel de estudio de los padres
 - Según Means, House, Young, Wang & Lynch (2013), los estudiantes que tienen un mayor aprovechamiento académico son aquellos con padres que

tienen un grado más alto que el de cuarto año.

- Etnia
- Lenguaje natal
- Necesidades funcionales (incluyendo nivel socioeconómico)
- Actividades extracurriculares del estudiante

Además de estos factores, el enfoque STEM llama la atención de los estudiantes hacia las Ciencias. En un estudio realizado por Means, House, Young, Wang & Lynch (2013), se preguntó [a los estudiantes de la escuela bajo investigación] sobre su materia escolar favorita y la ciencia fue sobresaliente (de 11 opciones) para el 13% de los estudiantes del grado 12 en las escuelas piloto del ISHS [*International Society for Horticultural Science*] y el 6% de grado 12 en las escuelas de comparación; una diferencia estadísticamente significativa. Según Means, House, Young, Wang & Lynch. (2013), académicamente se puede observar un efecto positivo en el aprovechamiento académico y en el progreso del estudiante. Por ejemplo, Means, House, Young & Lynch (2011) indica que, en las calificaciones de los exámenes estandarizados, en contexto de una investigación que medía el efecto de STEM, los estudiantes de grado 10 en Matemáticas y los de grado 9 en Álgebra I cumplieron o superaron los estándares de las pruebas estatales en las cuatro áreas principales.

En otro estudio realizado por Davis (2015), un maestro identificado con el nombre de Tom al identificar los efectos de actividades STEM mencionaba que las puntuaciones de Ciencias crecieron y los estudiantes se interesaban más por los cursos de Matemáticas de nivel superior, como Cálculo (Davis, 2015, p. 76). También crece el interés en los cursos

superiores de Ciencias (Davis, 2015, p. 76).

Integración de STEM al currículo

Citando a Ross y Hogaboam-Gray (1998), un currículo integrado, como lo requiere la educación con enfoque STEM pide:

- Mejorar las habilidades de diagramación
- Contribuir a la motivación del estudiante
 - Los estudiantes con motivación adoptan estrategias de aprendizaje más poderosas y aprenden más que los estudiantes que abordan las tareas escolares con otras prioridades en mente (Ross & Hogaboam-Gray, 1998, p. 22).
- Más trabajo en equipo, menos segregación de estudiantes.
- Una mejor manera de evaluación de parte del maestro

Según Lynch, Behrend, Burton & Means (2013), un currículo completo que integra STEM de manera natural debe tener las siguientes características:

1. Cursos completos y retadores en todas las materias que componen STEM
2. Reformar Estrategias instruccionales y aprendizaje basado en Problemas y Proyectos
3. Integración de Tecnología
4. Aprendizaje mixto Informal/ Formal que vaya más allá del salón de clases.
5. Asociación de los problemas dados en clase con el mundo real

6. Dar oportunidad a los estudiantes en atender a clases de nivel Universitario (de estar adelantados con los de la escuela).
7. Personal preparado para la educación con enfoque STEM
8. Servicio de cursos que incluyan actividades extracurriculares STEM
9. Una buena estructura administrativa
10. Apoyo para los estudiantes subrepresentados:
 - a. Apoyo en las clases como *bridge programs*, tutorías, día escolar extendido, año escolar extendido, u otra ayuda para que el estudiante tenga el mayor rendimiento académico posible.

Más que eso, las clases tienen que ser unas que no subestimen al estudiante. Para ser efectivo, el currículo debe ser desafiante para los estudiantes, requiriéndoles resolver problemas, pensar críticamente y diseñar soluciones innovadoras, en lugar de dedicarse a la memorización al sistema de recuerdo básico (Davis, 2015, p. 20).

Estrategias innovadoras de la integración del enfoque STEM

El uso de estrategias instruccionales del enfoque STEM en la educación se basa en el constructivismo, el conductismo social y la psicología educativa (McClennahan, 2013, p. 36). No obstante, se escapa el constructivismo de Piaget en las actividades implementadas dentro del salón de clases. Por ejemplo, las actividades de solución de problemas, aprendizaje basado en proyecto y actividades en grupo colaborativo (McClennahan, 2013, p. 36). Para crear estrategias reformadoras, los educadores tienen que aplicar la taxonomía de Bloom en su planificación. La taxonomía de Bloom provee

una vía para entender completamente el nivel [académico y psicomotor] en el cual los estudiantes deben de estar (McClennahan, 2013, p. 38). Las órdenes superiores [sea el director, superintendente, Secretario de Educación] piensan que las destrezas que los proyectos proveen ayudan al estudiante en el aprendizaje natural y relevante al mundo real (Brooks & Brooks, 1993, citado en McClennahan, 2013, p. 38).

Para lograr esto, el maestro tiene que utilizar estrategias que aseguren el mayor rendimiento académico del estudiante. Estas estrategias tienen que estar mano a mano con la tecnología (debido a que ésta nos rodea diariamente y es cambiante). Las tecnologías proporcionan tremendas oportunidades a nuestros estudiantes para pensar libremente y usar su creatividad, además de ser una fuente de información de acceso ilimitado para sus investigaciones y para examinar sus vidas y experiencias dentro y fuera de la escuela y una potente herramienta de comunicación e interacción (incluso con gente externa al proceso educativo) (Departamento de Educación, 2016a). La calidad de la integración de la tecnología es también un factor determinante en la educación con enfoque STEM exitosa (McClennahan, 2013, p. 40). McClennahan (2013) cita a Clark y Ernst cuando indica que hay tres factores que deben considerarse cuando se toma en cuenta la educación tecnológica como un punto focal de los planes de estudios integrados: colaboración académica, acercamiento *hands-on*, el uso de creatividad y solución de problemas.

Por ejemplo, si en la clase de Física se está discutiendo el tema de aceleración, no simplemente se debe de hablar de los conceptos de desplazamiento y velocidad de un objeto. El tema de aceleración ellos lo pueden observar a diario, sea en el carro cuando van de camino a la escuela, en cuánto se tardan en caminar de un salón a otro, en los

videojuegos que juegan en sus casas o en los aviones que ven pasar. Se debe de tomar el tema problematizándolo y creando a su vez la conceptualización del material de tal manera que los estudiantes puedan llegar a hacer el enlace entre el concepto y el concepto aplicado en la vida cotidiana. Recordando igualmente que, consecutivamente, se debe de utilizar estrategias entretenidas para llamar la atención de los estudiantes (es aquí donde entra la problematización en las actividades).

Un ejemplo de una actividad STEM sería el siguiente. Existe un programa de computadoras llamado *Sketch-up physics*. El programa brinda una serie de herramientas para crear, por ejemplo, un carro propio. Además, que brinda los instrumentos para crear su velocidad dependiendo de las gomas que se escojan, que tan potente es su motor, entre otros factores. Luego, se introduce el modelo a un contexto en específico, sea una colina. En la misma computadora, se puede observar la aceleración que tiene el modelo y cómo se puede mejorar. El programa es libre de costos, y los estudiantes pueden utilizar su propia computadora o las computadoras accesibles en la escuela. Con esta actividad, se introduce STEM: Ciencias (la Física detrás del movimiento del carro), Tecnología (el programa de computadora), Ingeniería (hacer el modelo del carro en el programa), Matemáticas (calcular la aceleración y cómo pueden hacer el carro más veloz). No obstante, el maestro es responsable de modificarlo para captar la atención del estudiante y asociarlo a un evento real (sea éste una colina cerca de su escuela que esté presentando problemas para los peatones).

Este enfoque de la enseñanza de la Ciencia diverge de lo que es común en las aulas de las escuelas intermedias y secundarias (Allen, 2016, p. 2). Los maestros generalmente

usan actividades prácticas y de laboratorio para reforzar contenido ya enseñado a través de clases presenciales o lecturas (Banilower et al., 2013, en Allen, 2016, p. 2). Más que como actividades que introducen nuevas ideas disciplinarias o que permitan a los estudiantes razonar los fenómenos (Allen, 2016, p. 2). A través de un enfoque basado en la práctica, la Ciencia puede ser enmarcada como un proceso de investigación de preguntas y el uso de herramientas de Ciencia y prácticas de ingeniería para apoyar esas investigaciones (Allen, 2016, p. 3).

Aprovechamiento académico y su medición

En un estudio realizado por Scott (2012), estudiantes matriculados en una escuela enfocada en STEM fueron los más altos en los exámenes estatales de matemáticas en comparación con otras escuelas del distrito, con una tasa de aprovechamiento de 32% más alta que el promedio estatal. Esta escuela fue establecida con todo el propósito de incrementar el aprovechamiento académico en el área geográfica (Scott, 2012, p. 38).

El rendimiento académico de los estudiantes por medio de sistemas estandarizados de evaluación, cuyos resultados son usados para determinar “la calidad” de la instrucción se imparte en las instituciones educativas y de los maestros (Yepes, 2010, p. 75). La mejoría en el currículo es la que lleva a un mejor aprovechamiento académico. Sin embargo, como se ha mencionado anteriormente, hay muchas características que influyen el aprovechamiento académico que no se pueden controlar. Es por esto por lo que las actividades deben de ser creadas de modo que se beneficien todos los estudiantes.

Podemos también observar “aprovechamiento académico” desde la perspectiva de

rendimiento escolar. Aunque no existe una definición clara sobre lo que es *rendimiento escolar*, sí parece haber un consenso tácito entre algunos investigadores (Yepes, 2010, p. 81) A partir del análisis de la literatura, se puede inferir que aquél es sinónimo de desempeño en pruebas estandarizadas (Yepes, 2010, p. 81).

La preocupación que existe en esta investigación es que no todos los estudiantes trabajan de igual manera cuando se enfrentan a un examen o *assessments* para medir lo que han aprendido. Como ya se ha señalado, investigaciones recientes sugieren que sus resultados no proporcionan una visión objetiva sobre la calidad de la educación ofrecida por las escuelas y los maestros (Yepes, 2010, p.117). Medir el aprovechamiento académico por medio de documentos estandarizados nos da unos datos más precisos y congruentes para lo que queremos medir. Con la evaluación juzgamos y valoramos finalmente los logros alcanzados por los estudiantes para determinar a la vez el nivel o grado de efectividad en el logro de los objetivos de enseñanza (Departamento de Educación, 2016a). El objetivo debe frasearse indicando habilidades intelectuales como comprender, interpretar, analizar, reconocer, razonar, reflexionar, y otras. Estos procesos no se pueden observar, pero sí se pueden cuantificar por medio de una pre o posprueba. Para efectos de este trabajo investigativo, se implementó una pre y una posprueba como instrumento de medida. Se profundizará de la misma en las técnicas de recopilación de datos en el capítulo de Metodología. Con esta prueba se midió el aprovechamiento académico de los estudiantes en los temas de rapidez, velocidad y aceleración luego de una intervención de 4 actividades basadas en el enfoque STEM.

Según Popham, creador del libro *The Truth about testing* (2001), la forma o ciclo completo de medición del aprovechamiento académico es instrucción (clases), contenido (la combinación de conocimiento y destrezas), *assessment* (examina mayor parte del contenido, y el maestro se deja llevar por los resultados para analizar que necesita refuerzo), inferencia (status de contenido de los estudiantes) y decisión (si necesita hacer re-enseñanza o no). Como mencionado anteriormente, esta investigación utilizará una pre y posprueba, pero tomando en consideración el ciclo de Popham. El truco es crear una representación satisfactoria en el tiempo real disponible para las pruebas (Popham, 2001, p. 30), e implementarlas en un tiempo apropiado. El propósito de la medición es obtener información sobre las variables que están bajo estudio (McMillan, 2008, p. 132). Estos datos fueron analizados por medio de una ANCOVA (Análisis de Covarianza), para examinar si se encuentra evidencia a favor de la hipótesis de investigación.

Algunas investigaciones que han exitosamente medido el aprovechamiento académico luego de la implementación del enfoque STEM son:

Tabla 1.

Instrumentos utilizados en investigaciones anteriores con problemas similares

Título de investigación	Investigador(es)	Instrumento
<i>Defining Innovation Literacy: Do Robotics Programs Help Students Develop Innovation Literacy Skills?</i>	Erdogan, Corlu & Capraro (2013)	Pre y posprueba de aprovechamiento creada por los investigadores

Título de investigación	Investigador(es)	Instrumento
<i>Examining the Role of Inclusive STEM Schools in the College and Career Readiness of Students in the United States: A Multi-Group Analysis on the Outcome of Student Achievement</i>	Erdogan, N., & Stuessy, C. (2015)	Prueba estandarizada TAKS (<i>Texas Assessment of Knowledge and Skills</i>)
<i>How an integrative STEM curriculum can benefit students in engineering design practices</i>	Fan & Yu (2015)	Prueba de aprovechamiento diseñada por los investigadores
<i>Learning Effects of Design Strategies on High School Students</i>	Mativo & Wicklein (2016)	Prueba estandarizada <i>Engineering Design Test</i>
<i>An Experimental Research On Effects Of Stem Applications And Mastery Learning</i>	Yildirim & Selvi (2017)	Pre y posprueba diseñada por los investigadores Pruebas estandarizadas: 1. <i>Academic Achievement Test I (AAT I)</i> , 2. <i>Academic Achievement Test II (AAT II)</i> , 3. <i>Scale of Inquiry Learning Skills Perception towards Science (SOILSPTS)</i> , 4. <i>Motivation Scale towards Science (MSTS)</i> y 5. <i>STEM Attitude Scale (SAS)</i>

Resumen

Según la revisión de literatura, las investigaciones que se han realizado sobre la educación con enfoque STEM han tenido un efecto positivo (significativo) en el aprendizaje de los estudiantes. Este método innovador de enseñanza hace que desarrolle en el estudiante el pensamiento científico, y con éste la conceptualización dentro del salón de

clases. Las variables que se estudian en esta investigación son la implementación de educación con enfoque STEM y el aprovechamiento académico, siendo la primera la variable independiente. Para medir estas variables se utilizó un paradigma positivista con un diseño cuasiexperimental cuantitativo. Se utilizó un estudio causa y efecto debido a que queremos observar que tan grande fue el efecto de la implementación en los grupos experimentales utilizando pre y posprueba.

La educación con enfoque STEM es una que recibe mucho apoyo de fondos federales (en especial en Estados Unidos) ya que su meta es que los estudiantes demuestren más interés en las áreas de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas; esto gracias a la Ley Pública, STEM Education Act of 2015 (octubre 7, 2015). La implementación de esta tiene que surgir de forma natural, con actividades que tengan una significancia para la vida de los alumnos. El propósito de este estudio fue medir si la educación con enfoque STEM estadísticamente un efecto positivo para así tomarlo como consideración para todas las escuelas en Puerto Rico. Toda la investigación se realiza a base de las necesidades que tienen los estudiantes en el aprendizaje, por lo tanto, el aprovechamiento académico de los estudiantes es nuestro primer enfoque.

CAPÍTULO III

MÉTODO

Introducción

Según el Departamento de Educación (2018b), en su reporte de *Perfil Escolar año académico 2017-2018*, los estudiantes de escuela pública salieron por debajo de la curva de distribución al medir la Pro-eficiencia en Ciencias; y de una participación de 99%, no excediendo el porcentaje límite. En el 2017, tienen un crecimiento académico de 11% en Ciencias según los resultados de las pruebas META-PR (publicados en el documento del DEPR, *Medición y evaluación para la transformación*, 2018); aumentando un 2% más en el 2018 (con una participación de 98%). No obstante, se debe de hacer referencia a las planillas de especificaciones (DEPR, *Final blueprints- Science Grade 11*, 2014a) de META-PR para conocer los detalles de cómo se ha distribuido la prueba por área de contenido a base de los estándares y expectativas de grado. Esta planilla se basa en los documentos normativos del Departamento de Educación. Considerando los *blueprints*, el contenido de Física en las META de undécimo grado es de un 5% (alrededor de 3 ejercicios). Tomando en consideración los *blueprints*, en el 2018 el 50% (31% proeficiente y 19% avanzado) de los estudiantes que tomaron la prueba META-PR alcanzaron la expectativa.

Como aclara el Departamento de Educación de Puerto Rico (2017b), en su carta circular 13-2016-2017, los sistemas educativos más exitosos en el mundo fundamentan su toma de decisiones en datos.

En la medición se utilizan técnicas e instrumentos para obtener datos, básicamente de manera cuantitativa. Se fundamenta en el establecimiento de reglas, rúbricas, puntos de cortes y escalas con sus correspondientes niveles de medición. El proceso de medición permite obtener una expresión numérica del aprovechamiento académico de los estudiantes de acuerdo con su ejecución en determinada tarea. (Departamento de Educación, 2017b, p.

6)

En el siguiente capítulo se discutirán los pasos utilizados en esta investigación, para acoger los datos obtenidos y hacer las modificaciones necesarias en las técnicas educativas actuales por unas más innovadoras con enfoque STEM. Los mismos fueron acorde con los instrumentos de medida que sugiere el Departamento de Educación de Puerto Rico para medir aprovechamiento académico, por medio de pruebas.

El capítulo articula los pasos que se realizaron para medir el efecto de la educación con enfoque STEM en el aprendizaje de los estudiantes utilizando siete apartados: Metodología, Diseño, Población, escenario y muestreo, Técnicas de recopilación de datos, Técnicas de análisis de datos y Permisos. El capítulo finaliza con los Aspectos éticos que se tomaron en consideración para cumplir con la moralidad y honestidad de la investigación y sus participantes.

Metodología

Este estudio se fundamenta en un paradigma positivista. Cuando el investigador se encuentra en la etapa inicial de la formulación de un proyecto de investigación es

indispensable el conocer y posicionarse en un determinado paradigma que guíe el proceso investigativo, ya que, como lo afirman Guba y Lincoln, no se puede entrar al terreno de la investigación sin tener una clara percepción y conocimiento de qué paradigma direcciona la aproximación que tiene el investigador hacia el fenómeno de estudio (Ramos, 2017, p. 10). Un paradigma positivista es cónsono con el diseño cuasiexperimental y se utiliza mucho en el campo de la Ciencia. En este sentido, el investigador sólo logra aproximarse a esa realidad mediante estrategias de recopilación de datos, como los instrumentos de medición (Estépar, 2012, p.113). Por tanto, el paradigma positivista sustentará a la investigación que tenga como objetivo poner a prueba una hipótesis por medios estadísticos o determinar los parámetros de una determinada variable mediante la expresión numérica (Ramos, 2017, p. 10), lo cual lo hace pertinente para el estudio del problema de la investigación.

Junto a un paradigma positivista, se utilizó un acercamiento metodológico cuantitativo. Este tipo de acercamiento permite describir el fenómeno existente sin cambiar las condiciones que pueden afectar las respuestas de los participantes que sean parte del estudio (McMillan, 2007, citado en Estépar, 2012, p. 114). Ricoy indica que el “paradigma positivista se califica de cuantitativo, empírico-analítico, racionalista, sistemático gerencial y científico tecnológico” (Ramos, 2017, p. 10). Uno de los problemas presentados en el capítulo de Revisión de Literatura fue que muchas de las investigaciones que estudiaban la educación con enfoque STEM se realizaron con un acercamiento cualitativo. En este estudio se logró obtener datos estadísticos que evidencian el efecto positivo que tiene el enfoque STEM dentro del salón de clases.

Diseño

Podemos definir diseño como el plan o estrategia que se desarrolla para obtener la información que se requiere en una investigación (Hernández, Fernández y Baptista, 2003). Si el diseño está concebido cuidadosamente, el producto final de un estudio (sus resultados) tendrá mayores posibilidades de éxito para generar conocimiento (Hernández, Fernández & Baptista, 2003). El estudio de la educación con enfoque STEM puede tener distintos diseños de investigación cuantitativos dependiendo de lo que se desea investigar. Para esta tesis se realizó una investigación con diseño cuasiexperimental, midiendo causa y efecto de la variable independiente (la implementación de la educación con enfoque STEM) en la variable dependiente (el aprovechamiento académico).

Para tener un diseño cuasiexperimental que mida causa y efecto el investigador debe establecer tres condiciones para concluir que los cambios en la variable A (educación con enfoque STEM) causan cambios en la variable B (aprovechamiento académico). Según Johnson y Christensen (2016), estas son las siguientes:

- ✓ Condición 1: La variable A y la variable B deben estar relacionadas (la condición de relación).
- ✓ Condición 2: Se debe establecer un orden temporal adecuado (la condición de antecendencia temporal).
- ✓ Condición 3: La relación entre la variable A y la variable B no debe deberse a alguna variable ajena extraña o "tercera" (la falta de condición de explicación alternativa o rival).

Se necesitó medir la hipótesis con unos parámetros establecidos (por ejemplo, la asignación no aleatoria de grupos control y experimental). Al no ser posible la constitución de los grupos de manera aleatoria, se escogió el diseño cuasiexperimental.

Lo que beneficia este diseño al estudio es que se implementa una preprueba (McMillan, 2008, p. 230), al administrar una preprueba y posprueba hace del diseño uno más fiable. Siendo este un estudio cuantitativo con diseño cuasiexperimental, apunta a desarrollar y emplear modelos estadísticos, teorías y/o hipótesis relacionadas (Vogt, 2011, citado en Tolliver, 2016), pero dio oportunidad de hacer observaciones de así quererlo debido a su flexibilidad en su método de investigación. Otra de las razones por la cual se deseó hacer esta investigación con un diseño cuasiexperimental es que el estudio causa y efecto se puede llevar a cabo con un acercamiento cuantitativo positivista (al acercamiento causa y efecto va de acuerdo con los componentes de un diseño cuasiexperimental). Para hacer una inferencia causal a partir de un cuasiexperimento, se debe cumplir con los mismos requisitos básicos que se necesitan para cualquier relación causal: la causa debe covariar con el efecto, la causa debe preceder al efecto, y las hipótesis rivales o explicaciones alternativas deben ser examinadas y refutadas (Johnson & Christensen, 2016, p. 355).

Según Johnson & Christensen (2016, p. 355),

Los primeros dos de estos requisitos son fáciles de manejar porque los cuasiexperimentos, como los experimentos fuertes o aleatorizados, manipulan las condiciones de modo que la causa se ve forzada a preceder al efecto y se prueba la covariación entre causa y efecto, típicamente

mediante análisis estadístico. El tercer requisito, descartar hipótesis rivales, es con frecuencia difícil de cumplir porque los cuasiexperimentos no usan asignación aleatoria. Las inferencias causales se pueden hacer usando diseños cuasiexperimentales, pero estas inferencias se hacen solo cuando se recopilan datos que hacen inverosímiles las explicaciones o las amenazas a la validez interna.

Al medir el efecto que tiene la educación con enfoque STEM en el aprovechamiento académico, llevar a cabo un cuasiexperimento es la mejor opción. Ayudó a contestar la hipótesis y pregunta de investigación, pero teniendo un control; es decir, “purificamos” la relación de X (independiente) con Y (dependiente) de otras posibles fuentes que afecten a Y, y que “contaminen” la investigación (Hernández, Fernández & Baptista, 2003).

No obstante, se tuvo que tomar en consideración ciertas limitaciones del diseño cuasiexperimental. Como se menciona anteriormente, la amenaza más seria para la validez interna de este diseño es la selección (McMillan, 2008, p. 231). Según McMillan (2008, p. 231),

A pesar de que hay una preprueba, que ayuda a reducir la amenaza de selección, las diferencias en los temas deben abordarse. A menudo, los investigadores utilizarán medidas de otras características de los sujetos para mostrar que, aunque los grupos no son "iguales", probablemente no haya diferencias significativas entre ellos. El diseño de preprueba / posprueba, de grupos no equivalentes, se usa a menudo cuando los sujetos están disponibles en grupos existentes, o "intactos", como clases (p. 231).

Por otro lado, el estudio cuasiexperimental es lo más cercano a un experimento, y lo más adecuado para la investigación ya que se pudo utilizar los grupos de estudiantes como están organizados (en sus respectivos grupos de clase). El cuasiexperimento permitió examinar causalidad (debido a la selección aleatoria de los tratamientos- grupo control y grupo experimental) y generalizar los hallazgos a una población conocida (debido a la selección aleatoria) (Johnson & Christensen, 2016, p. 270).

Población, escenario y muestreo

Para esta investigación se estudió la implementación de la educación con enfoque STEM en estudiantes de escuelas públicas secundarias de Puerto Rico (del Departamento de Educación de Puerto Rico). Actualmente, de 192 escuelas (parte de la Oficina Regional Educativa de San Juan), 35 son de nivel secundario. La investigación se realizó en el curso de Física, por lo que, la implementación de STEM (actividades y prueba) será a base de los conceptos físicos que se estuvieron trabajando en clase en el momento de la implementación (rapidez, velocidad, aceleración, entre otros); lo estudiantes no tuvieron otro material que el maestro no estuviera dando actualmente en el salón de clases (no se perdió material). El escenario en cual se trabajó es dentro del salón de clases de las escuelas seleccionadas, en colaboración con el maestro encargado. No fue necesario que el salón contara con los instrumentos necesarios para las actividades ya que la investigadora los proveyó. También, se esperaba que los salones sean inclusivos (estudiantes con y sin acomodos razonables). Más adelante se explicará cómo se atenderán estos acomodos. En cuanto a la población, existe el caso en donde el curso se compone de estudiantes desde grado 10 (todo depende si el estudiante tiene los prerrequisitos del curso). Sin embargo,

casualmente la población de estudiantes de Física de esta investigación fue toda de grado 12 (ambos grupos).

Para efectos de esta investigación se identificó aquellas escuelas (no especializadas) que estén ofreciendo el curso de Física y de esta lista (ofrecida por oficial directo de la Oficina Regional Educativa) se escogió la escuela para el grupo control y el grupo experimental. De esta manera la población de la investigación tuvo características similares: escuelas públicas de San Juan con un currículo no especializado y cursan Física.

Se escogieron estas características similares con el propósito de atender el rezago académico que estos estudiantes demuestran en las pruebas META antes de entrar al curso de Física. No se deseaba atender escuelas especializadas en Ciencias y Matemáticas ya que estos estudiantes actualmente reciben una educación acorde a sus talentos (un currículo ajustado). También, citando la página web del Departamento de Educación de Puerto Rico (www.de.pr.gov), estos estudiantes reciben los instrumentos necesarios para alcanzar la excelencia educativa mediante la estructuración de un programa instruccional que responda a las diferencias y talentos individuales de los estudiantes basado en un contenido curricular especializado. El propósito de la implementación del enfoque STEM de esta investigación es medir el efecto en estudiantes que no siguen un currículo especializado, sino uno que la mayoría de las escuelas públicas secundarias de Puerto Rico sigan. Por su parte, se deseó medir el efecto que tiene STEM en el aprovechamiento académico de estudiantes con características similares al resto de la población estudiantil de la isla.

Según *el Perfil del Estudiante Graduado de Escuela Superior de Puerto Rico* (2012), se espera que los jóvenes de Puerto Rico, en su temprana adultez, demuestren cinco

competencias esenciales: el estudiante como aprendiz, el estudiante como comunicador efectivo, el estudiante como emprendedor, el estudiante como miembro activo de diversas comunidades y el estudiante como ser ético. El perfil aclara que, al culminar la escuela secundaria, el estudiante haya adaptado esas cinco competencias esenciales que le servirán para ejercer una ciudadanía responsable, democrática y satisfactoria en sus contextos personales, laborales, académicos y sociales. Estas competencias son cónsonas con el enfoque STEM debido a que, según Bybee (2013), STEM es la “contestación” hacia el desarrollo de la ética ambiental, estabilidad económica, trabajo en equipo (como comunidad), la solución de problema y la probabilidad de que estudien en un área relacionada al enfoque. Para atender las competencias del perfil exitosamente, el Departamento sugiere hacer referencia a los estándares y expectativas de contenido, los cuales se estarán tomando en consideración al hacer la intervención.

De la población hay que denotar que, en Puerto Rico, el 21.1% de la población estudiantil presenta alguna discapacidad y la prevalencia de jóvenes con diversidad funcional se estima en 7.6% de la población (Erickson, Lee & von Schrader, 2014, citados en Rivera, 2016). Para esto, se hizo la implementación de STEM de manera que incluya activamente a todos los participantes. Estas necesidades se atendieron en las actividades proveyéndole al estudiante todas las herramientas necesarias para que el aprendizaje sea exitoso (documentos de la actividad, modelos o instrumentos requeridos, trabajo en equipo y el nivel de dificultad de la actividad es moderado y se puede ajustar fácilmente). Dependiendo de las escuelas seleccionadas, la investigadora realizó los acomodos necesarios en las actividades.

El método de selección de las escuelas fue a través de una tómbola, primero se obtuvo la escuela del grupo experimental, luego la del grupo control (dos escuelas en total). Es importante denotar que la selección de los estudiantes del grupo control y el grupo experimental no fueron aleatoria, debido a que estos grupos están predeterminados. Según McMillan (2008), los participantes en el cuasiexperimento no son asignados de manera aleatoria a los grupos control o experimental.

Se comenzó haciendo una selección al azar del grupo control y experimental. Al utilizar grupos exactos (tomando en consideración lo que requiere el diseño experimental), se seleccionó al azar grupos predeterminados; en este estudio, escuelas donde los grupos ya estaban formados. Las escuelas seleccionadas fueron identificadas como parte de la Oficina Regional Educativa de San Juan, las cuales se procedió a visitar al ser seleccionadas. Luego, se continuó a identificar características particulares de la escuela y los estudiantes.

La mayor diferencia fue la ubicación de las escuelas. Mientras una escuela se ubica en una zona altamente urbana (grupo experimental), la otra se ubica en una zona rural (grupo control). La escuela del grupo experimental es más pequeña que la del grupo control debido a que la escuela del grupo control tiene un enfoque agrícola (no es especializada, simplemente, esa es la visión de la comunidad escolar) y junto a este enfoque hay campos verdes y jardines en donde los estudiantes hacen sus horas contacto, obligatorias por el Departamento de Educación, como requisito de graduación. Los estudiantes en el curso de física en la escuela experimental son mayores en cantidad, mientras que los de la escuela control son menos. Sin embargo, en ambos grupos se encontraron características similares

en comportamiento y actitud hacia la clase. No obstante, es importante denotar que las únicas características importantes para efecto de esta investigación son: ambos grupos son escuelas públicas, y la población son estudiantes del curso de Física.

Técnicas para la recopilación de datos

Cuando se obtuvo las dos escuelas, se realizó la investigación con los estudiantes del curso de Física, y se comenzó a medir el efecto de la educación con enfoque STEM en el aprovechamiento académico en la escuela del grupo experimental. Consecutivamente, se midió el aprovechamiento académico de los estudiantes en la escuela del grupo control, pero sin la intervención. La investigadora fue responsable de crear las actividades STEM que se implementaron en el salón de clases. Las mismas fueron:

1. Primera actividad: Introducción a cinemática: punto de referencia, distancia, desplazamiento y dirección
2. Segunda actividad: Cantidades vectoriales y escalares
3. Tercera actividad: Rapidez y velocidad
4. Cuarta actividad: Aceleración

No obstante, para que la implementación no fuera una sorpresa para los estudiantes, se añadió una actividad de inicio, se conversó del enfoque STEM con los estudiantes y se explicó en qué consistía la investigación y por ende las actividades que se iban a realizar. Además, se utilizó esa actividad para que los estudiantes conocieran a la investigadora. También se añadió una actividad exclusivamente de diseño de ingeniería al finalizar la intervención, pues era necesario observar cómo los estudiantes aplicaron lo aprendido en un evento real. Estas últimas dos actividades fueron creadas luego de la planificación, para

abrir investigación y cerrar investigación, y que las actividades principales de intervención no fueran tan forzosas. Para la creación de estas actividades se redactaron unos objetivos específicos. Estos son los siguientes.

El estudiante será capaz de:

1. Diferenciar los conceptos que componen la aceleración, de los que componen la velocidad, de un objeto en un evento de la vida cotidiana.
 - a. Conceptos desarrollados: aceleración, desplazamiento, dirección, distancia, cantidad escalar y vectorial, magnitud, rapidez, velocidad.
 - b. Se refleja este objetivo en la **actividad 2, 3**.
2. Identificar los distintos movimientos (verbal, gráfica y matemáticamente) de acuerdo con un punto de referencia.
 - a. Conceptos desarrollados: Desplazamiento, distancia, velocidad y aceleración.
 - b. Se refleja este objetivo en la **actividad 1, 3 Y 4**.
3. Asociar los conceptos físicos con un evento real, donde se observe comportamientos relacionados al tema de cinemática, utilizando un vocabulario científico apropiado.
 - a. Conceptos desarrollados: cantidad escalar y vectorial, rapidez, velocidad y aceleración.
 - b. Se refleja este objetivo en la **actividad 2, 3 Y 4**.
4. Representar un conjunto de datos en ejercicios verbales utilizando cálculos matemáticos o representación gráfica.

- a. Conceptos desarrollados: distancia, magnitud, dirección, sentido, desplazamiento, velocidad, aceleración.
- b. Se refleja este objetivo en la **actividad 3 Y 4**.

A partir de estos objetivos se hizo la alineación con los estándares y expectativas redactadas por el Departamento de Educación, presentada en la siguiente tabla.

Tabla 2.

Alineación de los objetivos y estándares con las actividades de la intervención

Actividad	Objetivo que trabaja la actividad	Estándar y expectativa que trabaja la actividad
Semana 1	2	Diseño para la ingeniería 1. Expectativa F.IT1 2. ES.F.IT1.IT.1 Estructura y niveles de organización de la materia, Interacciones y energía, Conservación y cambio 1. Expectativa F.CF2 (Movimiento y estabilidad) 2. ES.F.CF2.IE.1
Semana 2	2 y 3	Diseño para la ingeniería 3. Expectativa F.IT1 4. ES.F.IT1.IT.1 Estructura y niveles de organización de la materia, Interacciones y energía, Conservación y cambio 3. Expectativa F.CF2 (Movimiento y estabilidad) 4. ES.F.CF2.IE.1
Semana 3	1, 2, 3 y 4	Diseño para la ingeniería 5. Expectativa F.IT1 6. ES.F.IT1.IT.1 7. ES.F.IT1.IT.3 Estructura y niveles de organización de la materia, Interacciones y energía, Conservación y cambio 5. Expectativa F.CF2 (Movimiento y estabilidad) 6. ES.F.CF2.IE.1
Semana 4	2, 3 y 4	Diseño para la ingeniería 8. Expectativa F.IT1 9. ES.F.IT1.IT.1 10. ES.F.IT1.IT.3 Estructura y niveles de organización de la materia, Interacciones y energía, Conservación y cambio 7. Expectativa F.CF2 (Movimiento y estabilidad) 8. ES.F.CF2.IE.1

Cada semana se trató de implementar una actividad, para un total de intervención con los estudiantes de cuatro semanas (más adelante, capítulo 5, se estará discutiendo que este tiempo previsto no se pudo cumplir ya que duró más la intervención).

Antes de la implementación, la investigadora discutió el enfoque STEM y lo que conlleva la educación STEM con el maestro o maestra aclarando cualquier duda. Es importante que esta reunión ocurra antes de comenzar las clases para así integrarse el enfoque desde el inicio del curso. Además, se organizó una reunión con el director de cada escuela como parte de la presentación de la investigadora, explicación de lo que se estará haciendo y entrega de documentos sobre la investigación (presentación discutiendo la investigación, copias de hojas de consentimiento y asentimiento, carta al director [Apéndice E] y prueba). Más adelante, los directores y maestros tuvieron una reunión para discutir la investigación, de la cual la investigadora no estuvo presente, pero sí al tanto de lo discutido. Más adelante, luego de preparar las actividades e investigar la población, la investigadora se reúne con el maestro para verificar si las actividades necesitan ser modificadas de acuerdo con algún acomodo razonable esencial en sus estudiantes. De igual forma, el maestro se comprometió en la implementación de las actividades para hacer de esta unas exitosas.

Es favorable que el maestro tenga experiencia en intervención con educación STEM (como lo fue el caso del maestro a cargo del grupo experimental). Pero, de no tener experiencia con educación STEM, fue responsabilidad de la investigadora en preparar, orientar y cooperar con el maestro antes, durante y después de la implementación (de igual manera con los maestros con experiencia). Hay que tomar en consideración que esta

experiencia tiene beneficios para los estudiantes y el maestro a cargo ya que pueden utilizar estas actividades en un futuro. En el caso de la implementación de esta investigación, se crearon actividades con los conceptos básicos e iniciales de la clase de Física ya que se considera pertinente el trabajar con los estudiantes desde el principio. Es muy importante aclarar que, durante estas semanas de implementación la investigadora debe estar en constante comunicación con ambos maestros para aclaración de dudas, conocer lo que está ocurriendo en el salón de clases cuando la investigadora no se encuentra, conocer cómo se están tocando los conceptos fuera de las actividades de intervención, entre otros asuntos que podrían ayudar a la investigadora al momento del análisis de los datos.

El proceso durante las actividades sirvió para la exploración de los conceptos que componen los temas de movimiento cinemático, y la conceptualización de dichos conceptos. La etapa de exploración es el momento en el cual el docente hace que el estudiante asocie la nueva información que se está presentando con sus experiencias pasadas, aprendizajes previos, necesidades e intereses de conocimientos personales y académicos (Pacheco y Salcedo, 2012, p. 14). En las actividades se discuten los temas esenciales de la clase de Física; sin embargo, es importante que estos temas (al igual que los próximos a discutir en el curso) sean asociados con eventos cotidianos y que el estudiante construya la definición del concepto por exploración propia y ayuda del maestro (como se intentó hacer en las actividades). Por su parte, el estudiante recibe la información, reconoce su capacidad de pensar, limitaciones y fortalezas, recupera los conocimientos previos y procesa la información (Pacheco y Salcedo, 2012, p. 14). Luego de esta exploración básica de los conceptos se llevó a cabo el procesamiento de la información y

la construcción de conocimientos, en términos de conceptos, destrezas y actitudes, a lo que se le conoce como conceptualización (Pacheco y Salcedo, 2012, p. 14). En este proceso es donde se hizo uso profundo a las actividades creadas para efectos de la implementación. Este proceso fue interactivo y requirió de la guía del docente (ya creado de antemano por la investigadora) para construir los conceptos, a través de su propia actividad intelectual por medio de lecturas, diálogos, trabajo cooperativo, etc. (Pacheco y Salcedo, 2012, p. 14).

Rivas y Turull (2005, p. 18) menciona que el cúmulo de conocimientos producidos por la ciencia surge como resultado del uso de un método adecuado, pero tenemos que clarificar que no todo conocimiento es propiamente científico. Es aquí donde es importante el desarrollo de un plan de actividades para la intervención, una guía que trabaje con el proceso de exploración y conceptualización de manera adecuada y completa. A partir del conocimiento activado en la exploración, el maestro o maestra tiene que guiar al estudiante a su búsqueda para que este desarrolle o enriquezca sus conceptos respecto al asunto que está estudiando, pasando por el proceso de conceptualización (Rivas & Turull, 2005, p. 224). Es ahora cuando el maestro hace a los estudiantes conscientes (si no ha ocurrido ya) del conocimiento que tienen y de cómo encaja la nueva información dentro de los esquemas conceptuales que aquellos poseen, aunque implique reestructurarlos (Álvarez, 2006, p. 260). En cuanto a esto, la educación STEM trata de que el estudiante llegue al proceso de conceptualización utilizando actividades en donde logren observar y trabajar con el concepto, viendo cómo se aplica en la vida cotidiana. Por esta razón, el propósito de las actividades fue incitar al estudiante a seguir buscando información, a contar anécdotas que se les ocurran mientras se hace el trabajo y los ayudó a visualizar los conceptos de manera

en que puedan comprenderlos exitosamente. Estas actividades se crearon de manera que el proceso de exploración y conceptualización vaya ocurriendo poco a poco durante las semanas. La aplicación de los procesos se encuentra desglosada en la tabla a continuación.

Tabla 3.

Aplicación conceptualización en actividades STEM

Actividad	Nivel cognoscitivo- Exploración y/o Conceptualización	Aplicación de la estrategia en la actividad
1 (semana uno)	Exploración	Se exploró los conceptos de punto de referencia, distancia, desplazamiento y dirección; conceptos básicos que conllevan a un aprendizaje más completo de los temas de rapidez, velocidad y aceleración. Los estudiantes tuvieron la oportunidad de manipular un prototipo creado por la investigadora y medir la distancia y el desplazamiento que tuvo. Más adelante, los estudiantes tuvieron la oportunidad de hacerle modificaciones a la carrera en donde se lanzó el prototipo y observaron si su desplazamiento aumenta, decrece o no cambia (en comparación con el prototipo en la carrera sin las modificaciones).
2 (semana dos)	Exploración	Esta actividad ayudó a los estudiantes a diferenciar entre cantidades escalares y vectoriales (parte del trasfondo del tema de rapidez, velocidad y aceleración). El conocer la diferencia entre las cantidades les ayudó más adelante a asociar la rapidez como cantidad escalar y la velocidad y aceleración como cantidades vectoriales. Estas identificaciones los ayudó también con futuros temas que se estarían tocando en el curso de Física. Utilizaron códigos QR para la creación de una carrera virtual, en donde identificó varios conceptos físicos como cantidades escalares y vectoriales.
3 (semana tres)	Exploración Conceptualización	Mientras los estudiantes exploran la parte teórica de los conceptos de velocidad y rapidez pudieron hacer la conceptualización con un problema atado a la vida cotidiana (trayectoria de un auto de San Juan a Carolina y la velocidad y rapidez que debe de tener). Luego recrearon esta trayectoria en pistas recreadas por la investigadora (con materiales reusados o de bajo costo) en donde tuvieron que medir la rapidez y la velocidad de un carro de juguete siguiendo una serie de instrucciones específicas. Esta actividad fue creada con el propósito de llevar a cabo el proceso de problematización y conceptualización por medio de un juego.
4 (semana cuatro)	Exploración Conceptualización	Finalmente, los estudiantes exploraron el concepto de aceleración, en asociación con los conceptos que se

Actividad	Nivel cognoscitivo- Exploración y/o Conceptualización	Aplicación de la estrategia en la actividad
		estudiaron en las pasadas tres actividades. La conceptualización se efectuará en el ejercicio de lanzamiento de un carro por un declive (simulación de una cuesta). Con ayuda de la aplicación <i>Google Science Journal</i> , compararon la aceleración del carro por el declive sin obstáculos con el mismo declive con obstáculos (que ellos mismos crearon). La aplicación les da gráficas del cambio de aceleración, y ellos observaron cómo la misma cambia entre los segundos. Luego compararon gráficas y compararon aceleración en unos segundos específicos (estipulados por la investigadora).

*Es importante aclarar que cada actividad comienza con una problematización que el estudiante debe resolver al finalizar la actividad. Toda actividad tiene un manual para los maestros y estudiantes.

En las actividades también se tomó en consideración la problematización. Durante la interacción social, el sujeto confronta sus ideas ingenuas se adquieren por medio de un mecanismo de formación de teorías (Álvarez, 2006, p. 231). Esto incita a que los estudiantes formulen ideas, tengan discusiones grupales, consulten diferentes escenarios que podrían suceder, postulen los posibles problemas que podrían durante el proceso de aprendizaje; que es lo que intenta lograr la educación STEM. Desde la perspectiva de nuestra práctica, la problematización se refiere al proceso de facilitar la creación de conflictos cognitivos en los estudiantes, de manera que los mueva a altos niveles de cognición; a analizar, reflexionar, investigar, crear, actuar y evaluar para construir nuevos aprendizajes (Velázquez & Figarella, 2018, p. 10).

La planificación es indispensable al crear currículo centrado en la problematización (Velázquez, Figarella & Clark, 2016, p. 23). Según Bybee (2013), la educación STEM se diferencia de otros tipos de educación debido a su forma de enfocar problemas actuales y tomándolos como punto de partida para la enseñanza de los conceptos que se pueden observar en el mismo. Es así como la educación se hace significativa y relevante para los

estudiantes. Es por esto por lo que la intervención de esta investigación se compone de actividades que trabajando la problematización: ¿Se obedecen las leyes de tránsito en Puerto Rico, en zonas escolares? Se interviene con diversas actividades con el problema de la desobediencia de las leyes de tránsito en zonas escolares, a qué conlleva esto, y cómo se puede hacer de su zona escolar una más segura en cuanto a las leyes de tránsito. Durante toda la intervención se les llevan problemas verídicos de desobediencia de estas leyes, en dónde se trabajarán los conceptos físicos (mencionados anteriormente) que están detrás de estos casos. El propósito de la problematización es lograr que no haya una educación bancaria de los conceptos, sino que ellos puedan explorarlos y conceptualizarlos con eventos que los estudiantes viven en su día a día. Las actividades se crearon de forma que todos los días de implementación se repasen conceptos anteriores más se trabajen con nuevos (ya que, a medida que vayan aprendiendo conceptos nuevos, van observando que uno está vinculado directamente con el otro; por ejemplo, rapidez con aceleración). Tocando cada actividad con problematización como base, se cumple lo anterior establecido por el DEPR en los *Estándares de Contenido y Expectativas de Grado* (2014) que la Física utiliza los modelos diseñados con el propósito de solucionar problemas de la vida diaria.

Para crear las actividades de la implementación la investigadora se basó en los 3 pilares fundamentales mencionados por Velázquez & Figarella (2018, p. 10):

- I. El uso de experiencias centradas en el estudiante que le permitan explorar lo que le rodea para darle sentido o crear nuevos esquemas mentales (von Glasersfeld, 1989).

- a. El problema inicial que se lleva a los estudiantes es la seguridad de tránsito en su zona escolar, qué tan segura es, y cómo podrían mejorar los problemas automotrices presentados. Los estudiantes son encargados de la seguridad de su zona escolar, sin embargo, tienen que aprender de los conceptos que involucra una seguridad exitosa (conceptos físicos que estaremos estudiando a la par de la investigación dentro del plantel escolar). De esta manera, los estudiante encontrarán un significado al aprendizaje de estos conceptos, y harán la conceptualización de los mismo ajustándolos al problema estudiado en clase.
- II. El planteamiento de los contenidos curriculares orientado a que los estudiantes aprendan sobre lo que es significativo para ellos, lo que necesitan aprender para responder a su necesidad cognitiva (Díaz-Barriga, Arceo y Hernández Rojas, 2002).
- a. Los estudiantes tuvieron un rol importante dentro de su plantel escolar. Mientras aprenden sobre los conceptos y diversos problemas que se les podrían presentar dentro de lo estudiado, ellos se irán haciendo responsables de la orientación y seguridad de su escuela y sus compañeros. La motivación es clave para un aprendizaje significativo; teniendo los estudiantes un rol importante, sentirán el deseo y la necesidad de aprender más sobre el tema.
- III. El uso frecuente del diálogo y la negociación social (Freire, 1993; Vygotsky, 1998; y von Glasersfeld, 1989).

- a. Al finalizar la implementación, los estudiantes son responsables de crear un prototipo que los ayude a integrar todos los conceptos aprendidos con el propósito de aplicar educación STEM a la orientación y seguridad de tránsito dentro de su zona escolar. Esto provoca el trabajo en equipo, integración de usos tecnológicos, planificación y evaluación del trabajo final (diseño de ingeniería).

La problematización en el aprendizaje facilita que este sea significativo y para toda la vida, ya que invita de forma natural a los estudiantes a querer aprender pues le provoca un conflicto cognitivo que estimula su necesidad de conocimiento (Velázquez y Figarella, 2018, p. 11). En este caso, se utilizó un problema pertinente para los estudiantes. Por otro lado, se crea un ambiente de aprendizaje interactivo. Por ejemplo, basándose en el problema principal de las actividades de intervención (¿Se obedecen las leyes de tránsito en Puerto Rico, en zonas escolares?) se establecieron problemas por actividad, para no perder el ritmo de la congruencia entre las visitas de la investigadora (no hacer de las visitas estrictamente actividades, sino una pequeña investigación entre los estudiantes). El rol de los estudiantes dentro del salón de clases fue “embajadores de la seguridad de tránsito en zonas escolares” y los problemas a resolver por actividad fueron relacionados a las leyes de tránsito en diferentes zonas escolares. Este problema se tocaba durante la actividad, mientras se discuten los conceptos físicos, de tal manera que pueden hacer conceptualización con un evento real. Uno de estos problemas hipotéticos dentro de las actividades fue el de una directora que le preocupaba una colina cerca de su zona escolar ya que no todos obedecían las leyes de tránsito y los símbolos en la carretera no eran

visibles. Utilizando este problema se llevó a cabo la actividad 4, en donde los estudiantes utilizaron la aplicación *Science Google Journal* para medir la aceleración de un carro en un declive. Luego, su meta fue crear obstáculos que impidieran que el carro tuviera la misma velocidad de la primera carrera para sugerir qué se podría hacer para ayudar el control vehicular del declive cerca de la zona escolar de la directora. Todos los problemas de las actividades iban acordes con el problema principal ya que se quería enlace todas las actividades para que el proceso de conceptualización no fuera impedido.

Es aquí cuando se puede observar que la educación STEM no son simples actividades que tocan la Ciencias, la Tecnología, la Ingeniería y la Matemática, sino que debe de ser sustentada por otros procesos que involucran una sucesión completa. En forma resumida, dentro de las actividades se aplicó la exploración y conceptualización, la problematización y los estándares de diseño de ingeniería y fuerzas e interacciones mencionados anteriormente en el capítulo de revisión de literatura (que son esenciales para la alineación de las estrategias mencionadas anteriormente).

Para estas actividades se creó una tabla desglosando cómo se reflejó las materias del enfoque STEM en el proceso.

Tabla 4.

Desglose de las áreas que componen STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) en las actividades

Actividades	Ciencias	Tecnología	Ingeniería	Matemáticas
Primera	El tema de distancia y desplazamiento de una máquina simple. Se puede observar la fuerza de fricción entre las gomas	Materiales reusables o de bajo costo, el uso de la calculadora para obtener la distancia y el desplazamiento del modelo cilíndrico. Podemos observar la	La construcción del modelo cilíndrico con materiales reusables o de bajo costo. La modificación de una pista con obstáculos para probar cuál	El cálculo de la distancia y el desplazamiento recorrido por el modelo cilíndrico por medio de una calculadora.

Actividades	Ciencias	Tecnología	Ingeniería	Matemáticas
	elásticas, y hasta de la lata con el piso, para que cause el movimiento de desplazamiento cuando le agregas una fuerza externa.	tecnología en la creación de una máquina simple con materiales que todos podemos tener en el hogar o escuela.	pista causa que el prototipo corra más lento.	
Segunda	El tema de cantidades escalares y vectoriales basándose en la aplicación de conceptos de la actividad 1 (distancia y desplazamiento). La ciencia detrás de las ecuaciones de distancia y desplazamiento y cómo esta se puede ver en el diario vivir. Además, utilizando los puntos cardinales ofrecidos en los códigos QR, pudieron trazarlos en un plano cartesiano (al cuál se hizo referencia la ciencia detrás de las aplicaciones de direcciones ejemplo, <i>Google Maps</i>).	Se implementó una carrera virtual por medio de códigos QR. Los mismos se escanearon con una aplicación de celular para leer códigos (puede ser de la selección del estudiante o maestro).	Los estudiantes construyeron una gráfica utilizando los puntos cardinales que aparecieron en los códigos QR en el plano cartesiano que se les brindó en el compendio de actividades. De esta forma se pudo ver que estos puntos cardinales podrían representar el movimiento de un objeto en el plano. De esta manera, se les hizo posible calcular la distancia y el desplazamiento recorrido. Por medio del plano, se pudo hacer una simulación de cómo podría haber funcionado una aplicación de movimiento, pero utilizando solo lápiz y papel.	Introducción de ecuaciones de distancia y desplazamiento. Con los puntos cardinales obtenidos en los códigos QR se construyó el tramo causado por el movimiento de un objeto (problema de la actividad). Luego de ubicar los apuntes de coordenadas en el plano, calcularon la distancia y el desplazamiento recorrido de un objeto.
Tercera	Conceptos de rapidez, velocidad y tiempo; y cómo podemos asociar las ecuaciones de problemas matemáticos con eventos de la vida cotidiana. También se tocó	Se creó una pista con materiales reusados y de bajo costo imitando una carretera. Entre otros materiales que se necesitan para esta actividad están: el cronómetro (con el celular) y	Se construyó una pista de carro (a escala) con materiales reusables y de bajo costo. Esta pista tuvo señales de tráfico como de “pare” y “reduzca la velocidad”. Los estudiantes fueron	Integración de los cálculos de distancia, desplazamiento, velocidad y rapidez, utilizando las ecuaciones correctas, del movimiento del carro en la pista.

Actividades	Ciencias	Tecnología	Ingeniería	Matemáticas
	el cómo es posible obtener la velocidad y la rapidez de un objeto dependiendo el marco de referencia del objeto.	calculadora. El propósito de la construcción de la pista es la creación de un juego en donde se tiene que hacer una carrera sin los símbolos de tránsito y luego una carrera con los símbolos de transitos que los estudiantes encontraran pertinentes para la simulación de una carrera “segura para la vida real”.	responsables de construir la pista más segura para ir de un punto a otro obedeciendo las leyes de tránsito. Se imitó el recorrido de un carro (de juguete) dentro de la pista, siguiendo las instrucciones que se les indica las señales de tránsito ubicadas por los estudiantes. En otras palabras, ellos crearon una pista “ideal” para la seguridad del conductor y peatón.	
Cuarta	El concepto de aceleración en un objeto, lo que hace este concepto una cantidad vectorial y cómo lo podemos asociar con movimientos de objetos que vemos a diario (ejemplo, un carro, un avión, un tren, entre otros).	Creación de un modelo (pista) utilizando materiales de bajo costo y la medición de la velocidad y la aceleración con calculadora y cronómetro (puede utilizarse el del celular). Se utiliza la aplicación móvil <i>Google Science Journal</i> para utilizar varios sensores que miden la aceleración del carro.	Creación de una pista utilizando materiales de bajo costo. La pista debe de tener las modificaciones adecuadas para hacer que el carro tenga una menor aceleración (en comparación con la corrida del carro en la pista sin la modificación).	Cálculos de la velocidad y la aceleración utilizando los datos ofrecidos por los sensores de la aplicación <i>Google Science Journal</i> .

*Importante aclarar, que estas actividades todas comienzan con una problematización involucrando los conceptos a discutir. Además, las actividades deben de estar entrelazadas unas a las otras para tener un fin, que es el diseño de ingeniería que estarán realizando durante todas las actividades, hasta llegar a su final en dónde lo presentan a un experto.

Para estas actividades, estará a discreción del maestro seleccionar los días de la implementación, según el ritmo en clase. De todos los beneficios que puede ofrecer STEM se hizo un enfoque en el desarrollo conceptual, de tal manera que se pueda medir si los estudiantes (por medio de las tareas de la actividad) ven la utilidad de los conceptos más

allá del salón de clases y le encuentren la aplicación a su vida cotidiana por medio de una simulación.

La duración de la intervención de las actividades fue estipulada a ser de 4 semanas, una actividad por semana. No obstante, la duración duró más de lo esperado debido a situaciones fuera del control de la investigadora (como se estará discutiendo en el capítulo 5). Además, el tiempo fue un factor minúsculo al tratarse de un aprendizaje exitoso ya que lo primordial de la intervención era una educación efectiva.

Por otro lado, fue importante, durante todo el proceso de implementación, que el maestro encargado del grupo experimental llevará una bitácora con unas preguntas guía redactadas por la investigadora para recopilar cualquier comportamiento inusual de parte de los estudiantes en todas las actividades. Estas preguntas son:

- ¿Cuáles fueron algunos comentarios positivos de parte de los estudiantes en torno a la actividad?
- ¿Cuáles fueron algunos comentarios negativos de parte de los estudiantes en torno a la actividad?
- ¿Qué expresiones o comportamiento tomaron los estudiantes hacia las tareas que componen la actividad?
- ¿Qué señales de aprovechamiento académico mostraron los estudiantes al finalizar la actividad? Por ejemplo,
 - ¿Pudieron utilizar pensamiento científico para ejecutar las tareas de las actividades?

- ¿Pudieron contestar los ejercicios de repaso en todos los documentos de las actividades?
- ¿Pudieron asociar la actividad con eventos de la vida cotidiana?
- ¿Cuáles fueron las limitaciones que tuvieron los estudiantes al hacer la actividad dentro del salón de clases?
- ¿Qué modificaciones tuvo que hacer el maestro para que sus estudiantes pudieran hacer la actividad de manera exitosa?

Esta bitácora fue recolectada/discutida por la investigadora al finalizar la implementación con el grupo experimental con el propósito de conocer dificultades y éxitos que tuvieron los estudiantes en cuanto a las actividades. Con estas observaciones se pudo conocer más sobre el comportamiento que tuvo el estudiantado en la implementación. Por ejemplo, comentarios que hacen en la clase, si el proceso fue placentero, si las actividades fueron de grandes beneficios (o lo contrario). Estos datos sirvieron como datos extras sobre el comportamiento de los estudiantes y cómo, en futuras implementaciones, se podrían modificar las actividades para el agrado y beneficio de los estudiantes. Las discusiones entre el maestro y la investigadora de estas observaciones sirvieron para entender más allá los resultados que se obtuvieron en la prueba.

Es importante denotar que la pre y posprueba serán las mismas. El instrumento de investigación permite a los investigadores combinar las respuestas de un grupo de expertos para formar una declaración útil (Allen, 2016, p. 40). Acorde con esta definición, se puede medir exactamente los efectos de la educación con enfoque STEM en el grupo experimental, además de que podemos medir diferencias en el aprovechamiento académico

de los estudiantes que es la intención de esta investigación. La utilización de la prueba es apropiada para el estudio debido a que, obteniendo los datos de las dos pruebas, podemos probar o rechazar nuestra hipótesis de investigación. Los ítems de esta están contruidos a base de los conceptos que se estarán estudiando en la clase de Física al momento de la implementación (por ejemplo, velocidad, aceleración y rapidez; estos son los conceptos primordiales de la clase de Física de escuela superior).

Tabla 5.

Técnica para contestar la hipótesis

Hipótesis	Técnica que viabiliza la obtención de la información necesaria
La intervención de la educación con enfoque STEM en el currículo académico causará un efecto positivo en el aprovechamiento académico del grupo experimental en la clase de Física.	Pre y posprueba: La pre y posprueba fue construida por la investigadora, fue revisada por un grupo de expertos en el área de Investigación, Educación en Ciencias y en Física y pasó por una entrevista cognitiva. La misma se administró la primera y última semana de la intervención dentro del salón de clases.

La prueba fue creada a base de los objetivos mencionados anteriormente, de manera en que se mida el contenido que se presentó a los estudiantes en las actividades. En la siguiente tabla se presenta la forma en que están alineados cada ítem con los objetivos.

Tabla 6.

Planilla de especificaciones simple de la prueba de aprovechamiento en Física, sobre el contenido de rapidez, velocidad y aceleración, bajo la instrucción con un enfoque STEM

Objetivo	Cantidad de ítems (de acuerdo con los conceptos a desarrollar por objetivos)	Tipo y cantidad de ítem	Puntuación de ejecución mínima*	Número del ítem
1	5	5 alternativas múltiples	3.5	1, 2, 3, 4 y 5
2	6	2 alternativas múltiples	4.5	6, 7, 8, 9, 10 y 14

Objetivo	Cantidad de ítems (de acuerdo con los conceptos a desarrollar por objetivos)	Tipo y cantidad de ítem	Puntuación de ejecución mínima*	Número del ítem
		1 multi-ítem de 3 premisas de alternativas múltiples 1 respuesta breve con numeral		
3	3	3 respuesta alterna (Cierto o Falso)	2.5	11, 12 y 13
4	6	2 Muti-ítems (ambos con 3 ítems de ejercicio interpretativo: análisis gráfico)	4.5	15-17 18-20
Total	20	20	15	20

*La puntuación se determinó utilizando un “método tradicional” (Medina y Verdejo, 2001, p. 89), en donde se necesita un mínimo de 70% para tener la parte correcta.

Por otra parte, es esencial tomar con mucho rigor la validez. La validez describe la medida que refleja con precisión el concepto que se pretende medir (Babbie, 2013, citado en Tolliver, 2016, p. 85). Los instrumentos no son válidos, son válidas las inferencias que se desprenden del análisis de los resultados. Para que exista validez de las inferencias, necesitamos instrumentos que midan exactamente lo que queremos medir. Al tener los resultados del estudio, podremos deducir su fiabilidad. Es por esto por lo que se hizo la prueba a base de los estándares de AERA, APA y NCME (2014). En los *Standards for Educational and Psychological Testing*, desarrollados conjuntamente por la American Educational Research Association (AERA), por la *American Psychological Association* (APA) y el *National Council on Measurement in Education* (NCME), se destaca que una de las principales fuentes de validez de contenido es la revisión de expertos (AERA, APA

& NCME, 1999, citado en Estépar, 2012, p. 131). Messick (1995, p. 17) comenta que la revisión de expertos, como parte del proceso de evidencia de validez de contenido, se basa en el juicio profesional de expertos acerca de la relevancia y representatividad de los ítems que componen un instrumento acerca en términos del grado en que cubren un dominio o constructo de interés (Estépar, 2012, p. 131).

Para el desarrollo de la prueba, este grupo consistió en 7 personas; un grupo con experiencia en Investigación, expertos en educación en Ciencias, expertos en educación STEM y expertos en Física. Para mantener la confidencialidad de este grupo solo se dirán sus especialidades.

- La primera persona es educadora en educación en Física secundaria, con una especialidad académica subgraduada en Ciencias secundaria.
- La segunda integrante tiene una preparación en Física B.A.; tiene una preparación y una base de estudios en construcción de instrumento, con una preparación académica graduada en Currículo y Enseñanza.
- La tercera integrante es maestra de Física en escuela pública, razón por la cual conoce a la población de estudiantes a la cual se estuvo interviniendo. Tiene una preparación en educación STEM y la practica actualmente en su salón de clases. Tiene una preparación subgraduada en Educación en Ciencias y una preparación graduada en Currículo y Enseñanza.
- La cuarta integrante es maestra de Ciencias, y ofrece el curso de Física en escuela privada. Tiene una preparación en construcción de instrumento y trabaja con el

enfoque STEM actualmente. Su preparación académica subgraduada es en Educación en Ciencias con especialidad en Química secundaria.

- El quinto integrante tiene una preparación subgraduada en Física y actualmente trabaja como Físico. Su insumo (no menos importante que el de los otros expertos) fue de gran ayuda en los detalles de cálculos que estuvieron incorrectos en la primera versión del instrumento (borrador).
- El sexto integrante es maestro de Ciencias de escuela pública. El mismo tiene una preparación en educación STEM y lo practica en su salón de clases. Su preparación subgraduada es en Ciencias secundaria, Biología.
- La séptima integrante es maestra de escuela pública superior con preparación en construcción de instrumentos de Ciencia en la práctica de educación STEM.

En este proceso, el grupo de expertos evaluó el grado en que los conjuntos de ítems son representativos de un universo o dominio de contenido (Estépar, 2012, p. 131). Luego de esta revisión se realizaron corrección en el ítem 2 debido a que los expertos sugirieron un cambio en redacción y organización. Esto mismo fue sugerido en el ítem 5 y 9. Por otro lado, el ítem 11 fue sugerido cambiar la redacción debido a su poca claridad. Otros comentarios tornaron en las alternativas de los ítems de respuestas múltiples y en la claridad de las imágenes utilizadas. La tabulación de los comentarios sugeridos por los expertos se encuentra en el Apéndice A (Tabulación de Revisión de Expertos).

Además del proceso de revisión de expertos, la prueba pasó por una entrevista cognitiva con un grupo de 6 personas (estudiantes con características similares) para poder observar la recopilación de evidencia del proceso de respuestas. El grupo de estudiantes

cursaba la clase de Física y eran de grado 12. Para cuando se realizó la entrevista cognitiva los estudiantes estaban más adelantados en el tema (ya estaban culminando el curso y año escolar) por lo tanto, se encontraban académicamente preparados para poder contestar los ítems. De acuerdo con las puntuaciones obtenidas, se observó dificultad en los ítems 2, 8, 9, 10 y 12. De acuerdo con estas respuestas y a los comentarios individuales de cada experto (ofrecidas en sus hojas de evaluación de manera independiente), se realizaron los cambios pertinentes. Luego de estos procesos se finalizó con el desarrollo de la prueba añadiendo los detalles sugeridos. La misma se puede evaluar en el Apéndice B (Prueba Finalizada).

Otro proceso realizado fue el de la revisión de expertos de las actividades utilizadas para la intervención. Los expertos fueron 3. La primera integrante es maestra de educación secundaria en Ciencias, con preparación en educación STEM y en la intervención curricular con este enfoque. También ha trabajado con actividades donde se enfatiza la problematización con proceso esencial de la conceptualización. La segunda es maestra e integrante del proyecto *Starbase Puerto Rico*, lo cual la hace experta en la intervención del enfoque. Esta tiene la certificación de educación STEM, además una preparación en currículos basados en proyecto y problema aportando extensamente en la problematización adecuada de las mismas. La tercera integrante es una Doctora en Currículo y Enseñanza en Ciencias, con certificación en educación STEM y experta en implementación de aprendizaje basado en problemas y proyecto. La misma ha trabajado con este tipo de educación anteriormente incluyendo estudiantes de elemental. Su insumo fue valioso en la preparación del manual ya que introdujo a la investigadora al proceso de problematización y al uso adecuado de este para una mejor conceptualización del tema.

Técnicas de análisis de datos

Para el análisis de datos se utilizó el programa computarizado *Statistical Package for the Social Sciences* (por sus siglas en inglés, SPSS) para realizar un Análisis de Covarianza (ANCOVA). McMillan (2008) brinda una explicación que define el por qué administrar una ANCOVA ayuda a un análisis con más validez de esta investigación.

Se usa para ajustar las diferencias previas a la prueba que pueden existir entre dos o más grupos. Por ejemplo, supongamos en un experimento que un grupo tiene un valor medio en la prueba previa de 15 y el otro grupo tiene una media previa a la prueba de 18. ANCOVA se usa para ajustar estadísticamente las puntuaciones posteriores a la prueba para compensar la diferencia de 3 puntos entre los grupos. Este ajuste da como resultado comparaciones posteriores más exactas. (McMillan, 2008, p. 264)

Debido a que la selección de los participantes no es aleatoria, no se controlan las diferencias entre los participantes que componen cada grupo. La ANCOVA ayudó a estadísticamente controlar estas diferencias. Un ejemplo que menciona McMillan (2008) es el de investigadores que realizaban un estudio cuasiexperimental y utilizaron una ANCOVA. Los investigadores aclaran que la ANCOVA ayudaba a controlar las diferencias iniciales que pudieran haber existido entre el grupo de control y el grupo de tratamiento (McMillan, 2008, p. 264). De esta manera podemos hacer el análisis de resultados con mayor validez.

En cuanto a la validez del análisis, el *Joint Committee on Standards Evaluation* (2017) y el *American Educational Research Association, American Psychological Association, &*

National Council on Measurement in Education (AERA, APA, NCME) (2014) sugieren

que haya:

- ✓ Credibilidad de un grupo evaluador
- ✓ Atención a toda la gama de individuos a ser evaluados
- ✓ Objetivos a base de las necesidades de las partes
- ✓ Valores explícitos
- ✓ Procesos significativos y productivos
- ✓ Normas de viabilidad
 - Evaluación de gestión de proyectos
 - Procedimientos prácticos
 - Viabilidad contextual
 - Información válida

De esta manera podemos obtener los resultados correctos que nos indican si debemos aceptar o rechazar la hipótesis.

Permisos

Antes del proceso de la investigación, se obtuvo el permiso de la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras, para así investigar fuera del campus. De la misma manera, la investigadora debió tener el permiso otorgado por el CIPSHI (Comité institucional para la protección de los seres humanos en la investigación), de parte del comité institucional de revisión (ver permiso en Apéndice C, Permiso del CIPSHI). Luego de obtener los permisos que certifican el objetivo de la investigación, se procede a procesar los permisos de las escuelas. Debido a que se estuvo trabajando con escuelas procedentes

del Departamento de Educación, se necesitó obtener autorización de las Oficinas Regionales Educativas (ORE) antes de visitar los centros. En dichas oficinas se recurrió a la Unidad de Estándares Académicos para evaluar y llenar los documentos de protocolo de visitas (este protocolo se puede encontrar en la página web de CIPSHI). En la carta circular 13-2014-2015, titulada *Directrices y Disposiciones para Radicar la Solitud para Realizar Investigaciones y sus Fases Relacionadas: La Validación de Instrumentos o Pruebas Piloto en el Departamento de Educación de Puerto Rico* (Departamento de Educación, 2014c), se facilita el trámite de la solicitud para realizar la investigación en escuelas públicas. Las directrices son las siguientes:

1. Toda persona interesada en efectuar una investigación deberá completar el formulario Solicitud de autorización para realizar investigaciones o sus fases relacionadas: validación de instrumentos o prueba piloto en las dependencias del Departamento de Educación de Puerto Rico (disponible en la página www.de.pr.gov o www.de.gobierno.pr).
2. La solicitud de autorización deberá radicarse con los documentos requeridos 6 semanas antes de la fecha en que se iniciará la investigación o alguna de sus fases relacionadas: la validación de los instrumentos o la prueba piloto.
3. El formulario de la solicitud original, junto con los documentos requeridos se radicarán en la División de Investigaciones Pedagógicas, adscrita a la SAPDE o en las oficinas de los ayudantes especiales o superintendentes a cargo de los distritos escolares (favor de referirse a la página 6, inciso 4, para más detalles).
4. El formulario de la solicitud deberá:

- a. Completarse en todas sus partes y firmarse, preferiblemente con tinta azul;
 - b. Identificar las fases que está solicitando; ya sea la validación de instrumentos o la prueba piloto y la investigación (fase final);
 - c. Incluir la firma del maestro, profesor, consejero, mentor o presidente de tesis, director de investigación, institución, agencia o corporación, según aplique. Esta firma garantizará que tanto el formulario de la solicitud como los documentos requeridos han sido revisados por las personas mencionadas.
5. Toda solicitud deberá venir acompañada de los siguientes documentos:
- a. La propuesta de investigación o, en su lugar, un resumen de esta.
 - b. Copia de los instrumentos que se utilizarán.
 - c. Modelos de las cartas de presentación, de consentimiento informado, de asentimiento informado y de colaboración.
 - i. Carta de presentación
 - ii. Carta de consentimiento informado del participante, así como de la madre, el padre o el encargado
 - iii. Carta de asentimiento informado
 - iv. Carta de colaboración
 - d. Todos deberán incluir la cláusula de relevo de responsabilidad del Departamento de Educación de Puerto Rico.

Al recibir la contestación del Departamento de Educación, otorgando el permiso, se pudieron hacer las visitas, junto a las hojas de asentimiento y consentimiento ponchadas e

iniciadas por el Departamento (Las hojas se pueden observar en el Apéndice D, con el ponche e inicial del oficial de la Oficina Regional Educativa). Para futuras investigaciones, se debe de mencionar que este proceso comenzó a ser por medio de una plataforma digital un tiempo después del proceso que se realizó para esta investigación. Lo cual significa que para futuras investigaciones que involucre al Departamento de Educación el proceso de solicitud es más fácil por medio del enlace ofrecido en la carta circular enmendada 11-2019-2020, *Política pública sobre el procedimiento para radicar la solicitud de autorización para realizar investigaciones y sus fases relacionadas: la validación de instrumentos o pruebas piloto en el Departamento de Educación de Puerto Rico* (Departamento de Educación, 2019).

Se hizo una visita a las escuelas seleccionadas anterior a la implementación y se le repartió una presentación de información sobre la investigación a los directores. Junto a esta presentación, se entregó copia de las hojas de consentimiento y asentimiento y la carta de presentación. Se tuvo una reunión con ambas directoras explicando la naturaleza del trabajo, en especial con la directora de la escuela experimental ya que mis visitas serían más corridas. Las escuelas (directoras y maestros) fueron responsables de aceptar o rechazar el estudio en una reunión entre directoras y maestros, declarando luego la decisión. De aceptarlo, los maestros tuvieron que firmar una hoja de consentimiento que indica que se puede realizar la investigación en la escuela y que el investigador tiene permiso a la documentación requerida por motivos investigativos. Los maestros fueron informados del trabajo que se realizaría en sus respectivos salones de clases. Además, se repartió y recolectó las hojas de asentimiento y consentimiento informado a los estudiantes,

no sin antes leerlas con ellos y explicarle sobre el trabajo (Ver Apéndice D). Por otro lado, fue importante presentarse en todas las visitas primero ante el guardia de seguridad y/o ante directora o encargado en ese momento.

Aspectos éticos de la investigación

Según el Departamento de Educación (2016b), se establece que el desarrollo de estándares de contenido y ejecución apropiados contribuyen a que la evaluación de su aprovechamiento se realice de forma justa, ética y conforme a los principios y bases legales vigentes aplicables (Carta Circular 04-2016-2017). En esta investigación se tomó los criterios a los que aspira el Departamento de Educación para realizar el método del estudio tomando con mucha repercusión el aspecto ético del *respeto a los sujetos*. Según el Emanuel, Abdoler y Stunkel (2010), para mostrar respeto por los sujetos humanos, los investigadores deben:

- ✓ Continuar verificando el bienestar de cada sujeto a medida que avanza el estudio. Los investigadores deberían eliminar sujetos del estudio si se vuelve demasiado arriesgado o dañino.
- ✓ Mantenga confidencial cualquier información sobre los temas.
- ✓ Permitir que los sujetos abandonen el estudio en cualquier momento que lo deseen.
- ✓ Indique a los sujetos sobre cualquier información nueva que necesiten saber. Esto incluye los nuevos riesgos de los que los investigadores se enteran después del inicio del estudio y los nuevos tratamientos que podrían estar disponibles para los sujetos que están enfermos.

- ✓ Compartir los resultados del estudio con los sujetos, mostrando que son socios en la investigación.

El objetivo de la investigación es el beneficio de los estudiantes, es por esto por lo que se tomó con precaución la privacidad de los participantes. Los documentos de las pruebas estuvieron bajo llave en todo momento, para proteger las contestaciones de los participantes. Por otro lado, solo el director de la tesis y la investigadora trabajaron directamente con la recopilación de datos por propósitos de análisis. Además, en todo el proceso investigativo se les notificaba a los estudiantes que podían retirarse en cualquier momento, que la prueba no tenía puntuación para efectos de su clase, y que si no querían contestar un ítem (o la prueba en sí) no se tenían que sentir obligados. Según acordado con el CIPSHI, todo documento relacionado a la información personal de los estudiantes (hojas de consentimiento y asentimiento, e prueba calificada) permanecerá en las manos de la investigadora, y al pasar de 3 años se iban a descartar (triturar y descartar).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

Introducción

El propósito de este estudio fue indagar en la implementación de la educación con enfoque STEM dentro del salón de clases, para recopilar evidencias sobre el efecto de este, de tal manera que promueva la conceptualización en los estudiantes, alcanzando un mejor aprovechamiento académico en la clase de Físicas. Como se menciona en el capítulo de *Método*, se realizó un estudio cuasiexperimental tomando dos grupos, implementando la intervención de educación STEM con el grupo experimental y no intervenir en el grupo control. Haciendo esto se pudo comparar el aprovechamiento académico que tuvieron los grupos con o sin la intervención. Esto facilita la contestación de la pregunta de investigación: ¿Qué tan significativo será el efecto del enfoque pedagógico STEM en el aprovechamiento académico de los estudiantes en la clase de Física? Para poder medir este efecto de manera cuantitativa se creó una prueba de aprovechamiento académico con 20 ítems que medían 4 objetivos:

1. Diferenciar los conceptos que componen la aceleración, de los que componen la velocidad, de un objeto en un evento de la vida cotidiana.
2. Identificar los distintos movimientos (verbal, gráfica y matemáticamente) de acuerdo con un punto de referencia.
3. Asociar los conceptos físicos con un evento real, donde se observen comportamientos relacionados con el tema de cinemática, utilizando un vocabulario científico apropiado.

4. Representar un conjunto de datos en ejercicios verbales utilizando cálculos matemáticos o representación gráfica.

Los estudiantes obtenían un punto por ítem por respuesta correcta (para un total de 20 puntos). Esta prueba se administró dos veces como una pre y posprueba. A ambos grupos se le administró la prueba antes de comenzar con los conceptos a discutir: punto de referencia, cantidades escalares y vectoriales, magnitud, distancia, desplazamiento, velocidad, rapidez y aceleración; mientras que la posprueba se administró justo al finalizar la enseñanza de tales conceptos. En ambas ocasiones se guardó una base de datos con las puntuaciones obtenidas. Esta organización se realizó en el programado Microsoft Excel. Al tener todos los datos recopilados se hizo una revisión para verificar que no había celdas vacías o un dato erróneo. Más adelante, utilizando los programados Excel y IBM SPSS se hizo un análisis de frecuencias y porcentajes de respuestas correctas por ítem; y otro de índices de dificultad y de discriminación de los ítems. Por otro lado, utilizando Excel se realizó la tabulación de frecuencias y porcentajes de las respuestas de los ítems de respuestas alternativas para conocer si los distractores utilizados fueron efectivos.

Utilizando IBM SPSS se realizaron los análisis estadísticos más complicados, incluyendo la ANCOVA (análisis de covarianza), entre otras pruebas presentadas en este capítulo. SPSS fue el recurso más utilizado en cuanto al cálculo de los datos que contestarían la pregunta de investigación e hipótesis. Por otro lado, facilitó el análisis de grupos desiguales como lo fue en esta investigación (N=47, grupo experimental; N=13, grupo control). Utilizando este programa, se obtuvieron los resultados necesarios para

evaluar la hipótesis, y comprobar si existe un efecto significativo justificado por resultados estadísticos. A continuación, la presentación de los datos y análisis obtenidos al culminar con la intervención.

Presentación de datos y análisis

Luego de haber recopilado los datos de la pre y posprueba, se realizaron las diferentes pruebas estadísticas en SPSS. Se estarán presentando los resultados a través del capítulo hasta finalizar con los datos obtenidos de la ANCOVA. Primero, se comenzará discutiendo la estadística descriptiva por grupo. La estadística descriptiva se compone de aquellos métodos usados para organizar y describir información que ha sido recopilada (Weimer, 2003, p. 10). Estos fueron los datos obtenidos de ambos grupos en pre y posprueba.

Tabla 7.

Resumen de estadística descriptiva por grupo

Grupo	N	Media	Desviación estándar	Error estándar de la media	Correlación	Probabilidad específica de la correlación (valor de p)
Preprueba experimental	47	25.43	13.86	2.02	0.40	0.01
Posprueba experimental	47	50.32	20.76	3.03		
Preprueba control	13	31.54	10.88	3.02	0.58	0.04
Posprueba control	13	33.85	15.57	4.32		

De los datos mostrados en la tabla, nos concentraremos primero en la media. Cuando una medida de tendencia central desea reflejar el total de las puntuaciones, la media es la mejor opción porque es la única medida basada en esta cantidad (King & Minium, 2008, p. 60). King & Minium (2008, p. 60), explican un ejemplo para entender mejor la interpretación de la media: un entrenador quiere saber si sus corredores han mejorado “como grupo”; la media contesta su duda ya que el entrenador tiene un interés subyacente en el tiempo total como un indicador de cómo los corredores mejoraron como equipo. Partiendo de este ejemplo, en esta investigación queremos tener datos que justifiquen el aprovechamiento, o no, de los grupos “como equipo”, no individual. Partiendo de esto observamos que la media en la preprueba fue de 25.43 en el grupo experimental y 31.54 en el grupo control; observando que la media del grupo control fue mayor. Al analizar la media de los datos obtenidos de la posprueba, obtuvimos que el grupo experimental tuvo una media de 50.32 y el grupo control tuvo una media de 33.85; interpretando que la media del grupo experimental fue mayor en esta ocasión.

En comparación, en la posprueba, el grupo experimental tuvo una media mayor, lo que significa que “como equipo” hubo un mejoramiento. Si observamos la diferencia entre medias, la media del grupo experimental aumentó casi el doble entre pre y posprueba. Por otro lado, mientras que el grupo control tuvo una media que para muchos parecería similar entre pre y posprueba, igualmente tuvo una mejoría en la posprueba. Sin embargo, comparando los grupos, el grupo experimental tuvo una media mayor. Aunque la media no

sea indicativa de un “efecto”, sí podemos deducir que la mejoría en puntuaciones fue mayor en el grupo experimental.

Otro dato presentado es la desviación estándar de los datos de las pruebas. Aunque no es técnicamente correcto decir, es más fácil explicar la desviación estándar como el promedio de puntuaciones que se desviaron de la media (King & Minium, 2008, p. 74). En este estudio se obtuvo desviaciones estándar grandes, lo que significa que muchas puntuaciones de las pre y pospruebas se desviaron de la media. Como podemos observar en la tabla, la desviación estándar del grupo experimental en la preprueba fue de 13.86 (con un error estándar de 2.02), mientras que en la posprueba fue de 20.76 (con un error estándar de 3.03). Lo que significa que en ambas pruebas (más en la posprueba) hubo más variedad de puntuaciones (altas o bajas) que se desviaron de la media. En el grupo control se puede observar una desviación estándar de 10.88 con un error estándar de 3.02 en la preprueba y 15.57 con un error estándar de 4.32 en la posprueba. Por lo cual se puede interpretar que, igualmente, hubo varias puntuaciones que se desviaron de la media. Esto se puede explicar de la siguiente manera. Cuando hay una dispersión más amplia entre los puntajes brutos, aparece como desviaciones mayores de la media y, por lo tanto, las desviaciones "estándares" (típicas o representativas) aumentan (King & Minium, 2008, p. 74). Tomando en consideración que se trabajó con grupo de estudiantes, y poner en transcurso un enfoque (STEM u otro) distinto al cual acostumbran, no todos tendrán la misma puntuación o puntuaciones similares.

En cuanto a la desviación estándar, puede no ser esta la mejor opción entre las medidas de variabilidad cuando la distribución contiene algunas puntuaciones muy extremas o cuando la distribución está muy sesgada (King & Minium, 2008, p. 78), como lo fue el caso de esta recopilación de datos. Por tanto, no se podría denominar si la desviación estándar obtenida es “buena o mala”. Las distribuciones difieren en tamaño y forma, por lo que no se puede hacer generalizaciones que apliquen en todos los casos (King & Minium, 2008, p. 78) de repetir el proceso de recopilación de datos en otra investigación. Sin embargo, sí se puede afirmar que esta no es la medida adecuada para identificar tamaño de efecto (interés de la investigación). No obstante, es un dato importante para demostrar que, en la recopilación de datos referentes a puntuaciones, la desviación estándar variará acorde de los grupos en observación/intervención.

Además de la desviación estándar, entre los resultados obtenidos de SPSS, está la correlación para cada grupo entre la pre y posprueba. Aunque es incorrecto indicar que la correlación indica causalidad, sí se puede interpretar la fuerza de la relación entre los datos cuantitativos (Triola & Pineda Ayala, 2013, p. 518). Según Hinkle, Wiersma y Jurs (1994, p. 119), una correlación menor a 0.5 es baja, entre 0.5 y 0.70 es moderada, y mayor o igual que 0.71 alta. En el grupo experimental, la correlación entre las pruebas fue de 0.40, lo cual se interpreta como una correlación baja. Sin embargo, fue estadísticamente significativa ($p < 0.05$). Por otro lado, el grupo control, tuvo una correlación de 0.58, una correlación moderada, y fue significativa ($p < 0.05$). En cuanto al nivel de significancia estadística, si el valor obtenido es menor o igual a una alfa de 0.05 (nivel seleccionado para esta

investigación), los resultados se consideran significativos (King & Minium, 2008, p. 218). En ambos grupos los datos fueron significativos, indicando que la correlación es diferente de cero. Otro dato que se debe señalar es que ambas correlaciones son positivas. Esto significa que a mayor la puntuación de la preprueba, mayor es la puntuación en la posprueba.

A partir de este dato de significancia estadística, se deseó profundizar más entre los resultados obtenidos. Se comenzó con una prueba de muestras pareadas de la pre y posprueba de ambos grupos, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 8.

Prueba de muestras pareadas de pre y posprueba de ambos grupos

Grupo	Media	Desviación estándar	Error estándar de la media	Intervalo de confianza de 95%		<i>t</i>	<i>df</i>	valor de <i>p</i> (1 cola*)
				Bajo	Alto			
Experimental	24.89	19.77	2.88	19.09	30.70	8.63	46	0.00
Control	2.31	12.85	3.56	-5.46	10.07	0.65	12	0.26

*estudio de una cola debido a la naturaleza de la hipótesis postulada en este estudio.

Las respuestas en conjunto del grupo experimental tienen un intervalo de confianza de 95% entre 19.09 y 30.7, lo que significa que hay un 95% de posibilidad de que entre este intervalo está el valor verdadero de los resultados (Triola, 2013, p. 330). Las respuestas en el grupo control tuvieron un intervalo de confianza de 95% de -5.46 a 10.07, lo que indica que el valor podría estar en un intervalo que va desde un número negativo, lo que podría indicar que hubo estudiantes que no tuvieron mejoría entre pruebas. Concluyendo que hubo mayor diferencia entre puntuaciones (pre y posprueba) en el grupo experimental.

Luego de las estadísticas descriptivas se llevó a cabo el Análisis de Covarianza (ANCOVA), para conocer si hubo diferencia entre grupos (y determinar si la hipótesis de investigación se sostiene). Los datos de la ANCOVA se presentan en la tabla 9.

Tabla 9.

Prueba de efectos entre sujetos

Fuente	Suma de cuadrados (Tipo III)	df	MS (media al cuadrado)	F	valor de p
Modelo corregido	6902.17*	2	3451.08	10.58	0.00
Intercepto	5556.21	1	5556.21	17.04	0.00
Porcentaje preprueba (Covariable)	4138.82	1	4138.82	12.69	0.001
Grupo	4068.49	1	4068.49	12.48	0.001
Error	18589.08	57	326.12		
Total	156625.00	60			
Total corregido	25491.25	59			

*R al cuadrado=0.271 (R al cuadrado ajustado 0.245)

La suma de cuadrados para la preprueba y el tratamiento son ajustados unos a los otros cuando se utiliza la suma de cuadrados Tipo III (Tabachnick & Fidell, 2013, p. 212). Utilizando el Tipo III también ayuda a ajustar los datos cuando hay dos grupos con cantidades desiguales. Por lo que se puede observar, entre los datos obtenidos de SPSS, el *modelo y el total corregidos*. Sin embargo, nos concentramos primero en los datos obtenidos en la línea de *Grupo*, obteniendo una $F(1, 57) = 12.48$ en *Grupo* (comparación de control y experimental) con un nivel significativo de $p = 0.001$, $p < 0.05$, indicando que existe diferencia estadística entre los grupos. Los grados de libertad (*df*) utilizados fueron los del *grupo* y el obtenido en la línea de *error*. De acuerdo con la tabla estandarizada de la distribución de F, este valor de *F* sobrepasa al valor crítico a un alfa de 0.05 ($F(1, 57) =$

4.00); lo que indica, por normalización de la ANCOVA que la hipótesis nula se rechaza (Tabachnick & Fidell, 2013, p. 211), indicando que sí existe una diferencia significativa entre las puntuaciones. Sin embargo, ¿cuál fue el tamaño de esta diferencia?

Para contestar esta pregunta, se observa el valor del *eta squared* (n^2) parcial de Grupo, siendo éste de 0.18 (es parcial ya que este valor de n^2 es solo atribuido a la covariable de grupo). El n^2 provee la medida de fortaleza de la asociación entre la variable independiente y dependiente (King & Minium, 2008, p. 351). Para ser más específico, este representa la proporción de la varianza total debido a la variable independiente (King & Minium, 2008, p. 351). Obteniendo el n^2 parcial de grupo se pudo conocer qué tan grande es el tamaño del efecto del tratamiento en el grupo (nuestra covariable de interés) (Field, 2009, p. 416). Obteniendo el n^2 , podemos concluir que 0.18 de la diferencia en el grupo se debe a la intervención que se realizó con STEM (de haber otras covariables en una investigación, abrían más n^2). Con este dato, se responde la pregunta de investigación indicando que hay un efecto significativo del tratamiento mediante un currículo basado en STEM.

La ANCOVA también ofrece la ubicación de las medias de los grupos en un intervalo de confianza de 95%. SPSS primero calcula en dónde se ubica la media total (la media de todas las puntuaciones de los participantes) en la posprueba. Como se puede observar en la Tabla 10, esta media es de 40.98; mientras que la media “real” se encuentra en un intervalo de confianza de 35.28 a 46.68.

Tabla 10.

Medias en un intervalo de confianza de 95%

Media	Error estándar	Intervalo de confianza de 95%	
		Bajo	Alto
40.98	2.85	35.28	46.68

Este mismo análisis se realizó con ambos grupos, sin embargo, con los valores ajustados de las medias de los grupos por SPSS. Estos datos ajustados (presentados en la tabla 11) indican la diferencia entre los grupos reflejados por la ANCOVA (Field, 2009, p. 407).

Tabla 11.

Medias ajustadas en un intervalo de confianza de 95%

Grupo	Media	Error estándar	Intervalo de confianza de 95%	
			Bajo	Alto
1	51.16	2.65	45.86	56.46
2	30.81	5.08	20.63	40.98

Las medias ajustadas presentadas en la tabla no difieren mucho de las medias obtenidas originalmente en la Tabla 7. Sin embargo, las medias ajustadas muestran que el grupo 1 (experimental) fue significativamente más alto que el grupo 2 (control).

Cumplimiento de precondiciones para una ANCOVA

Todo tipo de análisis tiene sus precondiciones (o condiciones) que se deben verificar y cumplir antes de llevarlos a cabo. Para el análisis de covarianza las precondiciones son las siguientes (Tabachnick & Fidell, 2013, p. 225):

1. Tamaños de muestra desiguales

Debido a la población con la cual se trabajó, el tamaño de muestras desiguales era inevitable. Sin embargo, las muestras tuvieron que ser escogidas al azar para ser realmente representativas de la población (Hinkle, Wiersma & Jurs, 1994, p. 336). Esto conlleva a que la muestra del grupo experimental fue de $n=47$, y la del grupo control fue de $n=13$. Sobre esto, Tabachnick & Fidell (2013, p. 49) comentan que, en un trabajo no experimental, las muestras desiguales casi siempre resultan de la misma naturaleza de la población; las diferencias en los tamaños reflejan verdaderas diferencias en los números de varios tipos de sujetos. En esta investigación, igualar los tamaños de las muestras podrían distorsionar las diferencias y perder representatividad (Tabachnick & Fidell, 2013, p. 49). En estos casos, se debe de manejar con precaución el cómo se realizan los cálculos.

Para obtener cálculos entre muestras desiguales, se utilizó el programado SPSS. SPSS le facilita al investigador diferentes métodos (método 1, 2 o 3) para hacer el cálculo, todo dependiendo de su muestra (tamaño, cuantos sujetos no terminaron la intervención, cantidad de covariables, etc.). Debido a que los tamaños de las muestras son distintos, se utilizó el método 1 (**SSTYPE(3)**). Este método es como una regresión múltiple estándar, con cada efecto e interacción principal, evaluados después de realizar el ajuste para todos los demás efectos e interacciones,

así como para las covariables (Tabachnick & Fidell, 2013, p. 219). Este método también implica a que se ponga a prueba la misma hipótesis que en el enfoque (o acercamiento) de las medias no ponderadas, donde cada media de las celdas (de datos sometidos a SPSS) se le asigna el mismo peso independientemente del tamaño de la muestra (Tabachnick & Fidell, 2012, p. 219). IBM SPSS (2018b) aclara que, utilizando este método, el programado SPSS utiliza la suma de cuadrados tipo III (*Type III Sum of Squares*); y la ventaja de esta es que no varía en cuanto a la frecuencia de las celdas, siempre y cuando la forma general de estimabilidad se quede constante. IBM (2018a) también sugiere que la suma de cuadrados tipo III es considerada la más adecuada para un modelo con muestras no balanceadas sin datos omitidos. Tabachnick y Fidell (2013, p. 48) indican que es importante verificar que estas diferencias en cantidad de muestras no afecten la homogeneidad de varianzas o que hagan que la prueba de F sea muy liberal, lo cual se tomó en consideración en este análisis y ninguno de estos criterios fue afectado, como se mencionará más adelante en las próximas precondiciones.

2. Normalidad

Cuando se trata de normalidad se refiere a que las distribuciones de las poblaciones de las cuales se seleccionaron las muestras son normales (Hinkle, Wiersma & Jurs, 1994, p. 336). Para esto, se realizó una gráfica

cuantilar de los datos. Una gráfica cuantilar normal (o gráfica de probabilidad normal) es una gráfica de puntos (x, y) donde cada valor x proviene del conjunto original de datos muestrales, y cada valor y es la puntuación z correspondiente, que es un valor cuantilar esperado de la distribución normal estándar (Triola, 2013, p. 309). Se obtuvo la siguiente gráfica del programado *Intellectus Statistics* (2019).

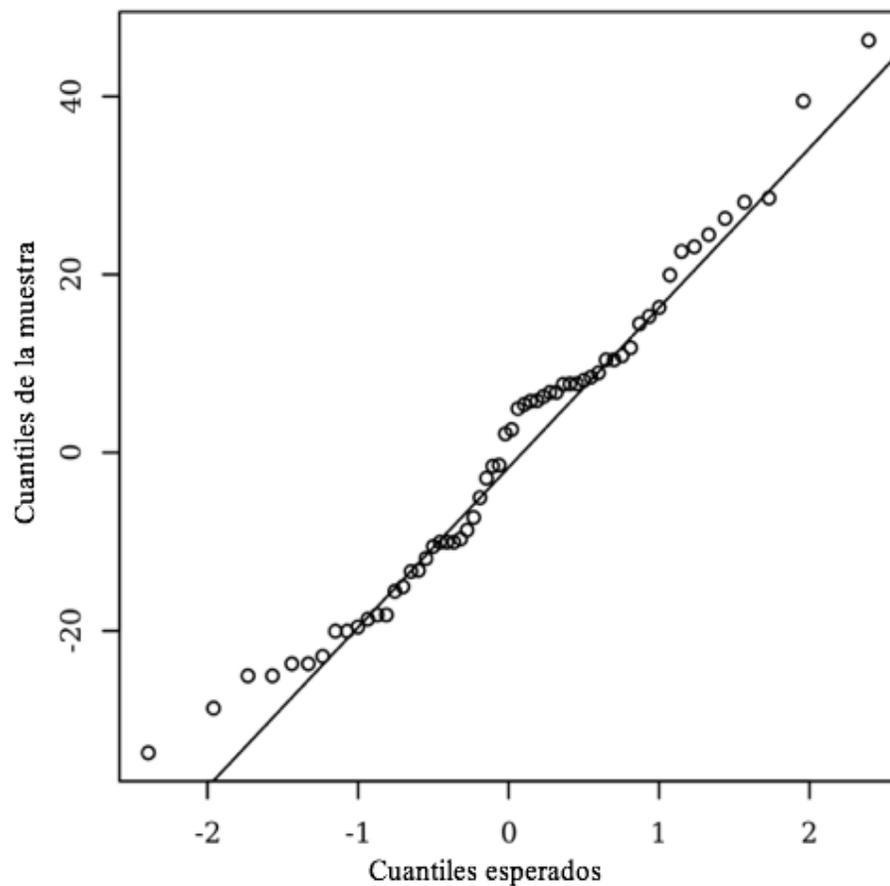


Figura 1. Gráfica cuantilar normal para observar nivel de normalidad

La distribución de la población es normal si el patrón de los puntos se aproxima de manera razonable a una línea recta, y si los puntos no revelan algún patrón sistemático que sea diferente de una línea recta (Triola, 2013, p. 309). Como se puede apreciar en la gráfica, la distribución es aceptable.

Además, se realizó una prueba de Shapiro-Wilk y otra de Lilliefors-Kolmogorov-Smirnov (pruebas de normalidad). Estas pruebas comparan puntuaciones en la muestra con una distribución normal de un conjunto de puntuaciones con la misma media y desviación estándar (Field, 2009, p. 144). Ambas pruebas predeterminan que, si $p > 0.05$ no es significativo, lo que indica que la distribución de la muestra es normal. Si $p < 0.05$, significa que la distribución no es normal. En la prueba de Shapiro-Wilk se obtuvo un valor de $W = 0.98$, $p = 0.26$, indicando normalidad. En la prueba de Lilliefors-Kolmogorov-Smirnov se obtuvo $D = 0.09$, $p = 0.22$, indicando nuevamente normalidad en la distribución.

3. Linealidad

Para evaluar la precondition de linealidad, se realizó una gráfica de dispersión para la prueba de homocedasticidad. Field (2009, p. 247) menciona que, al tener esta gráfica, se debe observar si los puntos de esta son distribuidos de manera aleatoria y dispersos entre la línea de la media. Este patrón es indicativo de que la precondition de linealidad y

homocedasticidad se han cumplido. Se obtuvo la siguiente gráfica de *Intellectus Statistics* (2019).

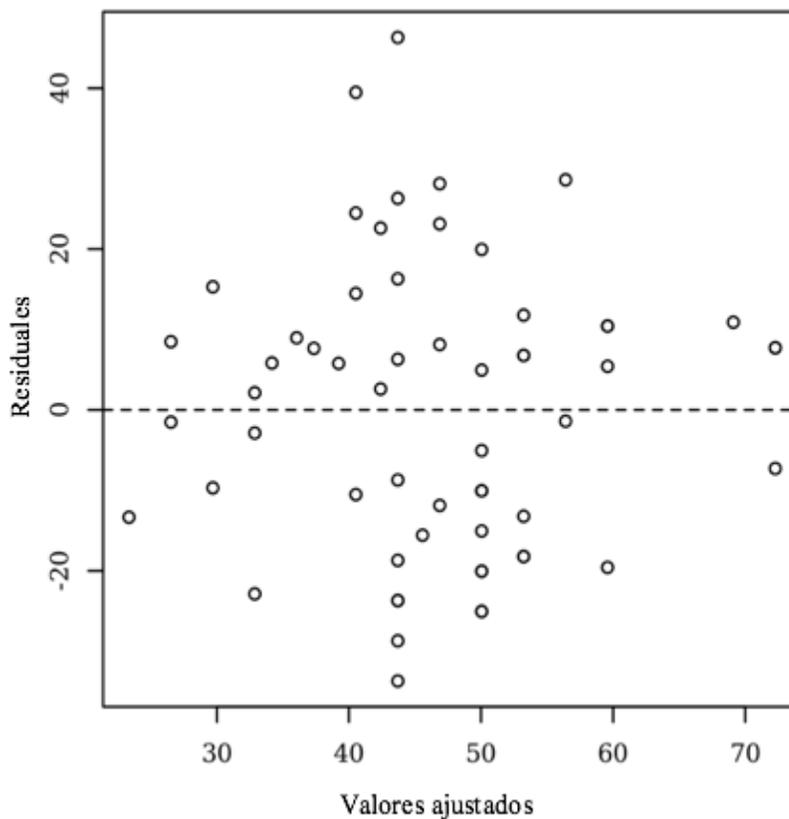


Figura 2. Gráfica de dispersión para la prueba de homocedasticidad

Se puede observar que la gráfica muestra exactamente lo que Field (2009) indica, lo que significa que existe linealidad, y la precondition se ha cumplido.

4. Puntuación aislada (*outliers*)

Un *outlier* es un caso en las puntuaciones que varía sustancialmente del resto de los datos (Field, 2009, p. 215). Tener una puntuación aislada del

resto de los datos, puede afectar los cálculos del análisis. Para comprobar que esta precondition se cumplió, se realizó una gráfica de residuales estudentizados (*Studentized residuals*). Los residuales estudentizados tienen las mismas propiedades que los residuales estandarizados, pero usualmente proveen un estimado más preciso de algún error de varianza de un caso en específico (Field, 2009, p. 217). Para evaluar si una distribución es normal entre las muestras existen unos parámetros de evaluación: 95% de las puntuaciones z deben de caer entre los residuales -1.96 a 1.96, 99% debe de caer entre -2.58 a 2.58 y 99.9% debe caer entre -3.29 y 3.29. Si algún residual recae en un rango más alto que 3.29 hay un problema ya que en una muestra normal este caso es altamente improbable (Field, 2009, p. 216). Al obtener la gráfica de residuales estudentizados (*Intellectus Statistics*, 2019), se puede observar lo siguiente.

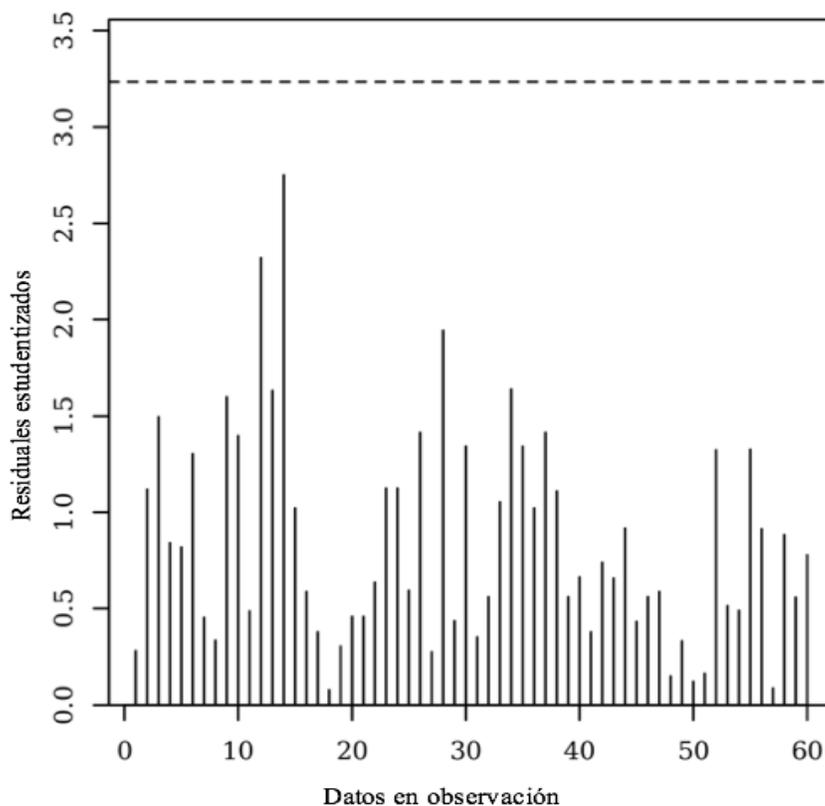


Figura 3. *Gráfica de residuales estudentizados para detectar puntuaciones aisladas*

De acuerdo con los parámetros establecidos, en un 99.9% ningún residual es mayor que 3.29, lo que indica que se cumplió con la precondition.

5. Homogeneidad de varianzas

Field (2009, p. 150) explica que cuando los resultados de la prueba de Levene son significativos ($p \leq 0.05$) se puede concluir que las varianzas son significativamente diferentes, y se viola la precondition. Sin embargo, cuando $p > 0.05$, significa que no es significativo y que las varianzas son iguales. Esta precondition se cumplió al obtener un valor de $p = 0.08$ en la

prueba de Levene, mostrando que los resultados no fueron significativos. Esto indica que las varianzas son similares y que la precondition de homogeneidad de varianzas se sostiene (Field, 2009, p. 152).

6. Homogeneidad de regresión

- a. Cuando se realiza una ANCOVA debemos de verificar todas las relaciones entre la variable dependiente y la covariable; esto se hace ajustando una línea de regresión a todo el conjunto de data, ignorando a qué grupo cada sujeto pertenece (Field, 2009, p. 399). Haciendo esto podemos asumir que la relación del tratamiento es verdadera para todos los grupos de participantes (Field, 2009, p. 399). Debemos concentrarnos en el nivel significativo de la combinación de las variables *Grupo *Porcentaje preprueba* (en la Tabla 10) para saber si existe alguna regresión. Utilizando SPSS se realiza el comando que ordena este efecto y se obtuvo que el nivel significativo de esta combinación fue de $p= 0.67$ ($p > 0.05$), lo que indica que no fue significativo y la precondition se cumple.

Además de las condiciones, otro factor importante en el análisis de una ANCOVA es la fiabilidad de las covariables. Tabachnick y Fidell (2013, p. 205) mencionan que, en una ANCOVA se asume que las covariables son medidas sin error alguno, y que son perfectamente fiables. Sin embargo, esto puede ser debatible, debido a que en investigaciones como esta (cuasiexperimental), eso no necesariamente es cierto. Sin

embargo, en una investigación experimental, de haber alguna covariable no fiable, el estudio se tiende a ver afectado (pierde poder) en las pruebas estadísticas que se realizan (Tabachnick & Fidell, 2013, p. 205). Los análisis estadísticos no se vieron afectados en este estudio por las variables en investigación.

A pesar de que Tabachnick & Fidell (2013) solo mencionan sobre estos asuntos y condiciones para ANCOVA, otros autores como King & Minium (2008, p. 350) y Field (2009, p. 398) reconocen la independencia de la covariable como un requisito importante. Para investigar si se cumple con este requisito, se realizó una prueba de independencia entre la covariable y la variable independiente utilizando una ANOVA (análisis de varianza). Se obtuvo que $p > 0.05$ ($p = 0.15$), indicando que no hubo un nivel significativo y que existe independencia entre la covariable y la variable independiente. Cumpliendo con todas las condiciones de un análisis de covarianza.

Análisis de contestaciones por ítems en la prueba

Recapitulando el capítulo del *Método*, antes de administrar la prueba a los grupos, la misma fue verificada por un grupo de expertos y entrevistas cognitivas con estudiantes con las mismas características de la población con la cual se trabajó. Luego de estos procesos, se hicieron los cambios pertinentes, mayormente en la redacción y composición del ítem, nunca en el contenido ni en lo que trata de medir (según los objetivos establecidos). Sin embargo, como se mencionó anteriormente, no es hasta que la prueba se administra a una cantidad grande de estudiantes que no podemos observar cómo estos interpretan cada ítem por separado.

Para observar este comportamiento, se realizaron diferentes análisis (de frecuencia, porcentaje, índices de dificultad, índices de discriminación e índice de confiabilidad). Comenzaremos primero con las tablas de frecuencias y porcentaje por ítem, de acuerdo con el objetivo en medición (refiérase a los objetivos redactados en el capítulo del *Método*). Con estos resultados, podemos observar la diferencia entre pruebas y grupos. Para esto, es de interés observar la diferencia de frecuencias entre grupos (por separado) para poder comparar la magnitud de frecuencia y porcentaje por ítems. De esta manera, se podrá comparar independientemente en qué ítem los estudiantes tuvieron mayor dificultad. Los resultados fueron los siguientes.

Tabla 12.

Frecuencia y porcentaje de respuestas por ítem

Ítems y objetivo en medición	F(p) Preprueba experimental (N= 47)	F(p) Posprueba experimental (N=47)	F(p) Preprueba control (N= 13)	F(p) Posprueba control (N=13)
1. Objetivo 1	23 (49%)	25 (53%)	3 (23%)	5 (38%)
2. Objetivo 1	13 (28%)	31 (66%)	3(23%)	5 (38%)
3. Objetivo 1	23 (49%)	39 (83%)	9 (69%)	5 (38%)
4. Objetivo 1	19 (40%)	32 (68%)	8 (62%)	5 (38%)
5. Objetivo 1	12 (26%)	35 (74%)	1 (8%)	1 (8%)
6. Objetivo 2	13 (28%)	7 (15%)	2 (15%)	4 (31%)
7. Objetivo 2	5 (11%)	23 (49%)	4 (31%)	4 (31%)
8. Objetivo 2	18 (38%)	15 (32%)	4 (31%)	2 (15%)
9. Objetivo 2	4 (9%)	23 (49%)	6 (46%)	5 (38%)
10. Objetivo 2	9 (19%)	21 (45%)	6 (46%)	0 (0%)

Ítems y objetivo en medición	F(p) Preprueba experimental (N= 47)	F(p) Posprueba experimental (N=47)	F(p) Preprueba control (N= 13)	F(p) Posprueba control (N=13)
11. Objetivo 3	15 (32%)	9 (19%)	3 (23%)	3 (23%)
12. Objetivo 3	9 (19%)	29 (62%)	3 (23%)	11 (85%)
13. Objetivo 3	23 (49%)	30 (64%)	8 (62%)	3 (23%)
14. Objetivo 2	0 (0%)	7 (15%)	0 (0%)	0 (0%)
15. Objetivo 4	14 (30%)	25 (53%)	7 (54%)	7 (54%)
16. Objetivo 4	13 (28%)	25 (53%)	6 (46%)	7 (54%)
17. Objetivo 4	11 (23%)	23 (49%)	6 (46%)	9 (69%)
18. Objetivo 4	5 (11%)	21 (45%)	0 (0%)	0 (0%)
19. Objetivo 4	6 (13%)	27 (57%)	3 (23%)	6 (46%)
20. Objetivo 4	4 (9%)	26 (55%)	0 (0%)	6 (46%)

En comparación entre pruebas se puede observar que el grupo experimental tuvo dificultad en el ítem 6 (en pre y posprueba), bajando de una frecuencia de 13 correctas en preprueba a 7 correctas en posprueba. Más adelante, esta frecuencia se refleja en la tabla de índice de dificultad (Tabla 13), categorizando el ítem 6 como difícil según Medina y Verdejo (2001, p. 250). Lo mismo sucede con el ítem 8, mostrando una disminución de frecuencias de 18 a 15 correctas; con un índice denominado como difícil. Más adelante se observa que el ítem 11 tuvo una disminución de 15 a 9 correctas (mostrando un índice de dificultad difícil). No obstante, la mayor observación se hace en el ítem 14, en donde mayoría de la población no pudo contestarlo correctamente. En cuanto a este ítem, el grupo experimental subió de una frecuencia de 0 a 7 en este ítem, mientras que el grupo control no tuvo cambio y se

quedó en una frecuencia de 0 correctas. Como se presenta en la Tabla 13, estos ítems fueron denominados como difíciles según los resultados de la posprueba.

Tabla 13.

Índices de dificultad e interpretación de los ítems

Ítems y objetivo y medición	Preprueba experimental (Interpretación)	Posprueba experimental (Interpretación)	Preprueba control (Interpretación)	Posprueba experimental (Interpretación)
1. Objetivo 1	0.49 (mediana dificultad)	0.53 (mediana dificultad)	0.23 (difícil)	0.38 (difícil)
2. Objetivo 1	0.28 (difícil)	0.66 (fácil)	0.23 (difícil)	0.38 (difícil)
3. Objetivo 1	0.49 (mediana dificultad)	0.83 (fácil)	0.69 (fácil)	0.38 (difícil)
4. Objetivo 1	0.40 (difícil)	0.68 (fácil)	0.62 (fácil)	0.38 (difícil)
5. Objetivo 1	0.26 (difícil)	0.74 (fácil)	0.08 (difícil)	0.08 (difícil)
6. Objetivo 2	0.26 (difícil)	0.15 (difícil)	0.15 (difícil)	0.31 (difícil)
7. Objetivo 2	0.11 (difícil)	0.49 (mediana dificultad)	0.31 (difícil)	0.31 (difícil)
8. Objetivo 2	0.38 (difícil)	0.32 (difícil)	0.31 (difícil)	0.15 (difícil)
9. Objetivo 2	0.09 (difícil)	0.49 (mediana dificultad)	0.46 (mediana dificultad)	0.38 (difícil)
10. Objetivo 2	0.19 (difícil)	0.45 (mediana dificultad)	0.46 (mediana dificultad)	0.00 (difícil)
11. Objetivo 3	0.32 (difícil)	0.19 (difícil)	0.23 (difícil)	0.23 (difícil)
12. Objetivo 3	0.19 (difícil)	0.62 (fácil)	0.23 (difícil)	0.85 (fácil)
13. Objetivo 3	0.49 (mediana dificultad)	0.64 (fácil)	0.62 (fácil)	0.23 (difícil)
14. Objetivo 2	0.00 (difícil)	0.15 (difícil)	0.00 (difícil)	0.00 (difícil)
15. Objetivo 4	0.30 (difícil)	0.53	0.54	0.54

Ítems y objetivo en medición	Preprueba experimental (Interpretación)	Posprueba experimental (Interpretación)	Preprueba control (Interpretación)	Posprueba experimental (Interpretación)
		(mediana dificultad)	(mediana dificultad)	(mediana dificultad)
16. Objetivo 4	0.28 (difícil)	0.53 (mediana dificultad)	0.46 (mediana dificultad)	0.54 (mediana dificultad)
17. Objetivo 4	0.23 (difícil)	0.49 (mediana dificultad)	0.46 (mediana dificultad)	0.69 (fácil)
18. Objetivo 4	0.11 (difícil)	0.45 (mediana dificultad)	0.00 (difícil)	0.00 (difícil)
19. Objetivo 4	0.13 (difícil)	0.57 (mediana dificultad)	0.23 (difícil)	0.46 (mediana dificultad)
20. Objetivo 4	0.09 (difícil)	0.55 (mediana dificultad)	0.00 (dificultad)	0.46 (mediana dificultad)

Nota. Grupo Control $n = 13$; Grupo Experimental $n = 47$.

Haciendo énfasis a los índices de las pospruebas, tomando en consideración que los estudiantes ya tienen el conocimiento de los conceptos físicos en medición, se puede hacer la observación de que hay ítems con un índice de dificultad que recae en los rangos con interpretación de fácil, mediana dificultad y difícil (lo cual era de esperar). Sin embargo, mientras el grupo experimental presenta índices de dificultad difícil en solo 4 ítems (6, 8, 11 y 14), el grupo control obtuvo índices de dificultad difícil en 14 ítems (1-11, 13, 14 y 18).

Por otro lado, en la posprueba del grupo experimental los resultados muestran que 11/20 (55%) ítems fueron de mediana dificultad; 4/20 (20%) ítems fueron difíciles y 5/20 (25%) de los ítems fueron fáciles. En la posprueba del grupo control los resultados muestran que 14/20 (70%) fueron difíciles, 4/20 (20%) de mediana dificultad y 2/20 (10%)

fáciles. En conjunto, los ítems 6, 8, 11 y 14 fueron los ítems que en ambos grupos fueron considerados como difíciles.

Otra tabulación que se realizó fue la de frecuencias por respuestas en los ítems de alternativas múltiples. Cuando se utilizan ítems de alternativas múltiples es recomendable realizar un análisis de las contestaciones a cada alternativa para determinar no sólo los niveles de dificultad y discriminación del ítem sino la efectividad de los distractores (Medina & Verdejo, 2001, p. 254). Esta tabulación es de gran interés ya que se puede apreciar si en efecto los distractores en cada ítem fueron seleccionados por algunos estudiantes. En otras palabras, se puede identificar si los distractores cumplieron su función. A continuación, se presenta la tabla con la frecuencia de respuestas por alternativa en cada ítem de respuestas alternas.

Tabla 14.

Frecuencia de respuestas en ítems de respuestas alternativas

Ítem y respuesta correcta	Respuestas							
	Preprueba (N=60)				Posprueba (N=60)			
	A f(p)	B f(p)	C f(p)	D f(p)	A f(p)	B f(p)	C f(p)	D f(p)
1. Rapidez (c)	4 (7%)	1 (2%)	26 (43%)	29 (48%)	6 (10%)	6 (10%)	28 (47%)	20 (33%)
2. Desplaza. (b)	29 (48%)	18 (30%)	1 (2%)	12 (20%)	21 (35%)	33 (55%)	3 (5%)	3 (5%)
3. 2.33 m/s (b)	9 (15%)	33 (55%)	13 (22%)	5 (8%)	9 (15%)	43 (72%)	4 (7%)	4 (7%)
4. 1.3 m/s (b)	17 (28%)	27 (45%)	7 (12%)	9 (15%)	13 (22%)	37 (62%)	7 (12%)	2 (3%)
5. Velocidad (d)	17 (28%)	28 (47%)	4 (7%)	11 (18%)	13 (22%)	4 (7%)	7 (12%)	36 (60%)
6. 30m/s (a)	16 (27%)	16 (27%)	15 (25%)	12 (20%)	10 (17%)	38 (63%)	9 (15%)	3 (5%)

7. Velocidad (c)	16 (27%)	28 (47%)	8 (13%)	8 (13%)	6 (10%)	25 (42%)	24 (40%)	5 (8%)
8. Velocidad (c)	16 (27%)	16 (27%)	22 (37%)	6 (10%)	10 (17%)	10 (17%)	18 (30%)	21 (35%)
9. 8.3 m/s^2 (d)	10 (17%)	8 (13%)	26 (43%)	15 (25%)	5 (8%)	11 (18%)	15 (25%)	29 (48%)
10. 6.7 m/s^2 (c)	19 (32%)	10 (17%)	14 (23%)	15 (25%)	4 (7%)	9 (15%)	19 (32%)	28 (47%)

*Los estudiantes contestaron todos los ítems en la preprueba, excepto el ítem 6 con un 1% de respuestas omitidas, el ítem 9 con un 2% de respuestas omitidas y el ítem 10 con un 3% de respuestas omitidas. Los estudiantes contestaron todos los ítems de la posprueba, excepto el ítem 4 con un 1% de respuestas omitidas y el ítem 8 con un 1% de respuestas omitidas.

Como se observa en la tabla, todos los distractores fueron escogidos por un porcentaje de la población de estudiantes. Sin embargo, se puede apreciar que varios ítems tuvieron distractores más atractivos para los estudiantes que la contestación correcta, como lo fueron los ítems 5, 6, 7, 9 y 10.

- ✓ En el ítem 5 (en la preprueba), la respuesta correcta (d) tuvo un porcentaje de contestaciones de 18%, mientras que el distractor (b) obtuvo mayor porcentaje con un 47%. Sin embargo, en la posprueba la respuesta correcta obtuvo el mayor porcentaje con un 60%.
- ✓ En el ítem 6 (preprueba) la respuesta correcta (a) tuvo un porcentaje de 27%, al igual que uno de los distractores con un 27% (alternativa b). Pero en la posprueba, la respuesta correcta tuvo un 17%, mientras que el distractor (b) tuvo un 63%.
- ✓ El ítem 7, un distractor tuvo mayor porcentaje (de 47%) en la preprueba, al igual que en la posprueba (un distractor tuvo un 42%, mientras que la respuesta correcta obtuvo 40%).
- ✓ En el ítem 9, la respuesta correcta tuvo solo un 25% en la preprueba; mientras que

en la posprueba tuvo el mayor porcentaje con 48%.

- ✓ Por último, en el ítem 10 la respuesta correcta tuvo un 23% en la preprueba (la respuesta d tuvo el mayor porcentaje), mientras que en la posprueba tuvo un 32% (la respuesta d obtuvo nuevamente el porcentaje mayor).

Los ítems 5 y 9, en la posprueba, obtuvieron el mayor porcentaje en la respuesta correcta (mínimos estudiantes escogieron los distractores); indicando que luego de aprender sobre el tema, sí había una sola respuesta correcta para ellos. No obstante, los ítems 6, 7 y 10 no tuvieron un alza de porcentaje de estudiantes que optaron por la respuesta correcta y seleccionaron un distractor.

Se realizó la misma tabulación con el grupo experimental y control por separado.

Estos fueron los resultados.

Tabla 15.

Frecuencia de respuestas en ítems de respuestas alternativas (grupo experimental; n = 47)

Ítem y respuesta correcta	Respuestas							
	Preprueba				Posprueba			
	A f(p)	B f(p)	C f(p)	D f(p)	A f(p)	B f(p)	C f(p)	D f(p)
1. Rapidez (c)	4 (9%)	0 (0%)	23 (49%)	20 (43%)	5 (11%)	5 (11%)	24 (51%)	13 (28%)
2. Desplaza (b)	22 (47%)	15 (32%)	1 (2%)	9 (19%)	15 (32%)	30 (64%)	2 (4%)	0 (0%)
3. 2.33 m/s (b)	8 (17%)	27 (57%)	8 (17%)	4 (9%)	6 (13%)	38 (81%)	2 (4%)	1 (2%)
4. 1.3 m/s (b)	12 (26%)	19 (40%)	7 (15%)	9 (19%)	11 (23%)	32 (68%)	1 (2%)	2 (4%)
5. Velocidad (d)	11 (23%)	22 (47%)	4 (9%)	10 (21%)	6 (13%)	2 (4%)	4 (9%)	35 (74%)
6. 30m/s (a)	13 (28%)	12 (26%)	13 (28%)	9 (19%)	6 (13%)	31 (66%)	8 (17%)	2 (4%)

7. Velocidad (c)	13 (28%)	25 (53%)	4 (9%)	5 (11%)	5 (11%)	20 (43%)	20 (43%)	2 (4%)
8. Velocidad (c)	12 (26%)	12 (26%)	18 (38%)	5 (11%)	8 (17%)	5 (11%)	16 (34%)	17% (36%)
9. 8.3 m/s^2 (d)	8 (17%)	7 (15%)	23 (49%)	9 (19%)	4 (9%)	8 (17%)	12 (26%)	23 (49%)
10. 6.7 m/s^2 (c)	17 (36%)	7 (15%)	9 (19%)	13 (28%)	1 (2%)	5 (11%)	19 (40%)	22 (47%)

* Los estudiantes contestaron todos los ítems de la preprueba, excepto el ítem 10 con un 2% de respuestas omitidas. Los estudiantes contestaron todos los ítems de la posprueba, excepto el ítem 4 con un 2% de respuestas omitidas y el ítem 8 con un 2% de respuestas omitidas.

En la tabla, se puede observar que, en la posprueba, solo el ítem 2 tuvo un distractor (alternativa d) que no fue escogido por los estudiantes. En la preprueba el ítem 1 tuvo un distractor (alternativa b) que no fue escogido. Según la tabulación de los resultados obtenidos del grupo experimental, en el ítem 2 hubo solo un 32% de estudiantes que seleccionaron la alternativa correcta. Sin embargo, hubo un alza en el porcentaje en la posprueba, con un 64% de estudiantes que seleccionaron la alternativa correcta. Por otro lado, en el ítem 5 ocurrió un caso similar, en donde en la preprueba hubo solo un 21% que seleccionaron la alternativa correcta, sin embargo hubo un alza del porcentaje en la posprueba con un 74% de estudiantes que seleccionaron la alternativa correcta. Lo mismo sucedió en el ítem 7 (de un 9% a 43% de estudiantes que seleccionaron la alternativa correcta) y en el ítem 9 (de un 19% a un 49%). No obstante, se observa en el ítem 6 que hubo un 28% de estudiantes en la preprueba que escogió la alternativa correcta; sin embargo, ese porcentaje baja a un 13% en la posprueba (siendo la alternativa b la predilecta por el 66% del estudiantado). El mismo caso sucede con el ítem 8 (de un 38% baja a un 34%). Por último, el ítem 10 se observó que subió el porcentaje de estudiantes de 19% en la preprueba a 40% en la posprueba; sin embargo, en la posprueba la alternativa d tuvo un

mayor porcentaje, con 47%.

En el grupo control, estos fueron los resultados de respuestas por alternativa.

Tabla 16.

Frecuencia de respuestas en ítems de respuestas alternativas (grupo control; n = 13)

Ítem y respuesta correcta	Respuestas							
	Preprueba				Posprueba			
	A f(p)	B f(p)	C f(p)	D f(p)	A f(p)	B f(p)	C f(p)	D f(p)
1. Rapidez (c)	0 (0%)	1 (8%)	3 (23%)	9 (69%)	1 (8%)	1 (8%)	4 (31%)	7 (54%)
2. Desplaza (b)	7 (54%)	3 (23%)	0 (0%)	3 (23%)	6 (46%)	3 (23%)	1 (8%)	3 (23%)
3. 2.33 m/s (b)	0 (0%)	9 (69%)	4 (31%)	0 (0%)	3 (23%)	5 (38%)	2 (15%)	3 (23%)
4. 1.3 m/s (b)	5 (38%)	8 (62%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (15%)	5 (38%)	6 (46%)	0 (0%)
5. Velocidad (d)	6 (46%)	6 (46%)	0 (0%)	1 (8%)	7 (54%)	2 (15%)	3 (23%)	1 (8%)
6. 30m/s (a)	3 (23%)	7 (54%)	2 (15%)	1 (8%)	4 (31%)	7 (54%)	1 (8%)	1 (8%)
7. Velocidad (c)	3 (23%)	3 (23%)	4 (31%)	3 (23%)	1 (8%)	5 (38%)	4 (31%)	3 (23%)
8. Velocidad (c)	4 (31%)	4 (31%)	4 (31%)	1 (8%)	2 (15%)	5 (38%)	2 (15%)	4 (31%)
9. 8.3 m/s ² (d)	2 (15%)	1 (8%)	3 (23%)	6 (46%)	1 (8%)	3 (23%)	3 (23%)	6 (46%)
10. 6.7m/s ² (c)	2 (15%)	3 (23%)	5 (38%)	2 (15%)	3 (23%)	4 (31%)	0 (0%)	6 (46%)

* Los estudiantes contestaron todos los ítems de la preprueba, excepto el ítem 9 con un 8% de respuestas omitidas, y el ítem 10 con un 8% de respuestas omitidas. Los estudiantes contestaron todos los ítems de la posprueba.

En la preprueba, el ítem 1 tuvo un distractor no escogido (alternativa a); el ítem 2 tuvo un distractor no escogido (alternativa c); el ítem 3 tuvo dos distractores no escogidos (a y d); el ítem 4, distractor c y d; y el ítem 5, alternativa c. En la posprueba, el ítem 4 tuvo un distractor no escogido por los estudiantes (alternativa d); por otro lado, el ítem 10, tuvo un

distractor no escogido (alternativa c). Por medio de esta tabulación, podemos interpretar que los estudiantes no pudieron seleccionar la alternativa correcta en mayoría de los ítems de respuestas alternas. En el ítem 1 la respuesta c tuvo un porcentaje de 23% (siendo la respuesta d la más escogida). A pesar de que en la posprueba el porcentaje sube a un 31%, la respuesta d obtiene un 54%. En el ítem 2, no hay alza en el porcentaje en la respuesta b, obteniendo un 23% en ambas pruebas (siendo la respuesta a la más seleccionada en ambas administraciones). En el ítem 3 y 4, se observa que el porcentaje de frecuencia de las respuestas correctas baja en la posprueba mientras que en la preprueba fueron la más seleccionada. En el ítem 5 la respuesta d no cambio de porcentaje, siendo el más bajo con un 8% en ambas pruebas. Por último, en los ítems 6, 7, 8 y 10, se puede observar que los estudiantes prefirieron escoger otra alternativa entre pruebas. En el ítem 6 la alternativa correcta obtuvo un 23% en la preprueba y un 31% en la posprueba. En el ítem 7, la alternativa correcta obtuvo un 31% en ambas pruebas, sin embargo, en la posprueba la alternativa b obtuvo un mayor porcentaje (38%). En el ítem 8 la alternativa correcta obtuvo un 31% en la preprueba, bajando a un 15% en la posprueba. Por otro lado, el ítem 10 obtuvo un 38% en la preprueba, bajando drásticamente a 0% en la posprueba.

Estas tabulaciones ayudan a entender en dónde los estudiantes no mostraron, o mostraron, tener mayor conocimiento entre la pre y posprueba. Según los resultados de las tabulaciones de los ítems de respuestas por alternativas, se puede observar cómo claramente el grupo control demuestra mayor dificultad en responder. Mientras que el grupo experimental mostró verdadera dificultad solo en el ítem 6, el grupo control tuvo dificultad

en contestar correctamente mayoría de los ítems de respuesta por alternativa. Esta tabulación se debe de tomar en consideración en cuanto a la mejoría de la prueba para futuras investigaciones. Esto se estará retomando en el capítulo de *Conclusiones*, en especial en la parte de *Sugerencias para estudios futuros*.

Otro análisis para la interpretación de los ítems fue la confiabilidad de su medida. Cuando se trata de confiabilidad, se refiere a la consistencia del proceso de medición o de los resultados (Bonilla, 2006, p. 1). Según Gliem y Gliem (2003, p. 11) un índice mayor o igual a 0.9 es excelente, un índice mayor o igual a 0.8 es bueno, un índice mayor o igual a 0.7 es aceptable, un índice mayor o igual a 0.6 es cuestionable y un índice mayor o igual a 0.5 es pobre. El Alpha de Cronbach obtenido en la posprueba fue de 0.78 (bueno), significando que existe confiabilidad en la medida de la prueba. Para profundizar más en el índice de confiabilidad, y cómo cambia según un ítem se elimina de la prueba, se hicieron varias comparaciones utilizando: el índice de dificultad de ambos grupos, el índice de discriminación de ambos grupos, el coeficiente de correlación de Pearson de ambos grupos y el Alpha de Cronbach de eliminarse el ítem de la prueba de aprovechamiento. Mientras que el índice de dificultad nos indica la proporción de personas que contestaron correctamente el ítem; el índice de dificultad identifica el grado en el cual éste discrimina (o diferencia) entre las personas que lo contestaron (Medina & Verdejo, 2001, p. 251). Éste aporta evidencia a la validez de los resultados de la prueba en el sentido de determinar si el ítem mide o no lo que toda la prueba pretende medir (Medina & Verdejo, 2001, p. 251). Obteniendo el índice de discriminación de cada ítem se puede interpretar cuál de estos

puede afectar la confiabilidad de los resultados. Además de estos datos, el coeficiente de correlación de Pearson, como otros coeficientes de correlación, mide la fuerza de asociación de dos variables en una sola medición con un rango de -1 a +1, donde -1 indica una asociación negativa perfecta, +1 indica una asociación positiva perfecta y 0 indica que no existe asociación (*Statistical Solution, Conduct and Interpret a Point-Biserial Correlation*, 2019). Obteniendo los resultados de estos tres indicadores podemos interpretar la calidad de medida del ítem. Además, ayuda a identificar qué ítems podrían ser eliminados o cuáles solo necesitan ser modificados para futuras administraciones de la prueba. Se obtuvieron los siguientes resultados de la posprueba.

Tabla 17.

Evaluación de los ítems de la prueba de medición

Ítems y objetivo en medición	Índice de dificultad e interpretación*	Índice de discriminación e interpretación*	Coefficiente de correlación de Pearson e interpretación*	Coefficiente de confiabilidad Alpha de Cronbach, de eliminarse el ítem*
1. Objetivo 1	0.49 (mediana dificultad)	0.40 (alta)	0.44 (aceptable)	0.77 (bueno)
2. Objetivo 1**	0.60 (mediana dificultad)	0.05 (baja)	0.20 (aceptable)	0.79 (bueno)
3. Objetivo 1	0.73 (fácil)	0.42 (alta)	0.63 (aceptable)	0.76 (bueno)
4. Objetivo 1	0.62 (fácil)	0.33 (alta)	0.53 (aceptable)	0.76 (bueno)
5. Objetivo 1	0.60 (mediana dificultad)	0.30 (alta)	0.45 (aceptable)	0.78 (bueno)
6. Objetivo 2**	0.17 (difícil)	0.09 (baja)	0.14 (inaceptable)	0.79 (bueno)
7. Objetivo 2	0.44	0.18	0.32	0.78

Ítems y objetivo en medición	Índice de dificultad e interpretación*	Índice de discriminación e interpretación*	Coefficiente de correlación de Pearson e interpretación*	Coefficiente de confiabilidad Alpha de Cronbach, de eliminarse el ítem*
	(mediana dificultad)	(marginal)	(aceptable)	(bueno)
8. Objetivo 2**	0.29 (difícil)	-0.01 (inaceptable)	0.11 (inaceptable)	0.79 (bueno)
9. Objetivo 2	0.44 (mediana dificultad)	0.17 (marginal)	0.41 (aceptable)	0.77 (bueno)
10. Objetivo 2	0.35 (difícil)	0.37 (alta)	0.53 (aceptable)	0.77 (bueno)
11. Objetivo 3**	0.19 (difícil)	-0.20 (inaceptable)	-0.19 (inaceptable)	0.80 (bueno)
12. Objetivo 3**	0.67 (fácil)	-0.01 (inaceptable)	0.08 (inaceptable)	0.80 (bueno)
13. Objetivo 3	0.56 (mediana dificultad)	0.27 (aceptable)	0.25 (aceptable)	0.79 (bueno)
14. Objetivo 2	0.11 (difícil)	0.22 (aceptable)	0.47 (aceptable)	0.77 (bueno)
15. Objetivo 4	0.51 (mediana dificultad)	0.62 (muy alta)	0.62 (aceptable)	0.76 (bueno)
16. Objetivo 4	0.51 (mediana dificultad)	0.75 (muy alta)	0.70 (aceptable)	0.75 (bueno)
17. Objetivo 4	0.51 (mediana dificultad)	0.68 (muy alta)	0.71 (aceptable)	0.75 (bueno)
18. Objetivo 4	0.35 (difícil)	0.57 (muy alta)	0.65 (aceptable)	0.76 (bueno)
19. Objetivo 4	0.54 (mediana dificultad)	0.87 (muy alta)	0.79 (aceptable)	0.74 (aceptable)
20. Objetivo 4	0.51 (mediana dificultad)	0.81 (muy alta)	0.78 (aceptable)	0.74 (aceptable)

*Interpretación del índice de dificultad se realizaron a base de las interpretaciones según Medina y Verdejo (2001, p. 250). Interpretaciones del índice de discriminación y coeficiente de Pearson fueron a base de las interpretaciones según Bosco (2019). En cuanto a la interpretación del coeficiente de confiabilidad Alpha de Cronbach si el interés radica en diferenciar entre grupos de personas, un coeficiente de .70 podría ser suficiente (Bonilla, 2006, p. 3).

**Ítems con resultados que podrían alterar la confiabilidad de los resultados. Los mismo se discutirán durante el trabajo escrito.

Al organizar los resultados en la tabla, se puede observar varios ítems que podrían haber alterado la confiabilidad de la medición. A base de la tabla presentada, los ítems 2, 6, 8, 11 y 12 son de mayor interés. El ítem 2 mide el objetivo 1 (al igual que el ítem 1, 3, 4 y 5). El mismo obtuvo un índice de mediana dificultad, lo cual es aceptable en una prueba de aprovechamiento. Sin embargo, el índice de discriminación fue bajo, indicando que mide de manera pobre el objetivo que debe de medir. No obstante, el coeficiente de correlación de Pearson indica que es aceptable y si observamos el Alpha de Cronbach de eliminarse el ítem de la prueba 0.79, no cambia mucho del Alpha de Cronbach con todos los ítems siendo considerados (0.78) tomando en consideración que ambos coeficientes de confiabilidad serían altos.

Por otro lado, el ítem 6 (midiendo el objetivo 2, al igual que el ítem 7, 8, 9 y 10) muestra que el índice de dificultad fue interpretado como difícil; el índice de discriminación fue de 0.09, siendo éste muy bajo; y el coeficiente de correlación Pearson fue inaceptable con un 0.14. Sin embargo, si se elimina el ítem, el Alpha de Cronbach quedaría no muy lejos del actual, con un 0.79. El ítem 8, que intenta medir el objetivo 2, expresa datos pobres con un índice de dificultad interpretado como difícil; un índice de discriminación inaceptable con un -0.01 (uno de los ítems que menos discrimina en la prueba); y un coeficiente de correlación de 0.11. El Alpha de Cronbach, del ítem eliminarse, sería de 0.79. Por otro lado, están los ítems 11 y 12, los cuales muestran datos estadísticos que expresan que los ítems sean eliminados o altamente revisados. Mientras que ambos tienen un índice de discriminación inaceptables (-0.20 y -0.01 respectivamente)

y un coeficiente de correlación inaceptables (-0.19 y 0.08 respectivamente), el ítem 11 muestra que fue muy difícil para los estudiantes contestar, mientras que el ítem 12 fue denominado como fácil. Estos últimos mostraron un alza en el Alpha de Cronbach de 0.80 de ser eliminados (independientemente), por lo cual sí se vería una diferencia en el coeficiente de confiabilidad. Ambos ítems tratan de medir el objetivo 3, al igual que el ítem 13. Esto indica que, de eliminar ambos, este objetivo no sería medido en su totalidad. Por otro lado, es importante mencionar que el ítem 12 fue redactado nuevamente tomando en consideración los comentarios de la revisión de expertos y las entrevistas cognitivas. Tomando en consideración los datos obtenidos de los índices de dificultad de los demás ítems, el ítem 12 fue uno de los tres ítems interpretados como fáciles.

Tomando en consideración los datos de la tabla presentada anteriormente, en cuanto a índices de dificultad, el 30% de los ítems de la prueba fueron considerados difíciles (6/20), el 55% fue considerado como mediana dificultad (11/20) y el 15% de los ítems fueron considerados como fáciles (3/20). En cuanto al índice de discriminación un 30% (6/20) de los ítems mostraron una discriminación muy alta; el 25% (5/20) de los ítems mostraron una discriminación alta; el 10% (2/20) mostraron una discriminación aceptable; el 10% (2/20) mostraron una discriminación denominada como marginal; el 10% (2/20) mostró una discriminación baja; y el 15% (3/20) mostraron una discriminación inaceptable. Si observamos la importancia de los ítems de acuerdo con la confiabilidad de los resultados, en comparación con el coeficiente obtenido de 0.78, si se eliminara alguno de los ítems 1, 3, 4, 9, 10, 14, 15, 16, 17, 18, 19 y 20 (independientemente, no todos juntos), el coeficiente

bajar. Sin embargo, si se eliminara alguno de los ítems 2, 6, 8, 11, 13 12, el coeficiente aumentará; si se elimina el ítem 5 y 7 el coeficiente continuará siendo 0.78.

El beneficio de estos resultados es que se pudo evaluar cada ítem y se puede hacer una verificación de estos que pudieron haber afectado la confiabilidad de la medición del estudio. A base de los datos obtenidos, se pueden hacer recomendaciones para una futura administración de la prueba. Tales recomendaciones y decisiones, de qué ítems se deberían verificar o eliminar, se estarán discutiendo en el capítulo de *Conclusiones*, en la sección de *Sugerencias para estudios futuros*.

Triangulación de comentarios generales sobre las actividades de intervención

Como parte de la recopilación de datos, se brindó al maestro una bitácora con preguntas de interés sobre la implementación de las actividades. Era de interés los comentarios de los estudiantes (en cuanto a las actividades), reacciones, limitaciones, entre otros datos que puedan enriquecer la explicación de los datos estadísticos obtenidos y abrir paso a futuras investigaciones que recreen un entorno educativo utilizando el enfoque STEM (discutido profundamente en el capítulo de conclusiones). Esta bitácora tenía como propósito facilitar datos importantes de comportamiento en el salón de clases (en torno a las actividades STEM) de la investigadora no estar presente en alguna actividad. Sin embargo, la investigadora siempre estuvo presente durante cada una de las intervenciones. La siguiente tabla hace un resumen de lo observado de acuerdo con la pregunta de interés. Estas respuestas proveen una triangulación de los comentarios del maestro junto a la experiencia

de la investigadora con los participantes en la intervención discutidos en reuniones presenciales antes o después de las actividades de la intervención.

Tabla 18.

Triangulación de respuestas de preguntas en la bitácora

Preguntas	Resumen de contestaciones
¿Cuáles fueron algunos comentarios positivos de parte de los estudiantes en torno a las actividades?	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Entendían mejor los conceptos. ✓ Podían conceptualizar el tema aprendido en la actividad. ✓ Fueron divertidas y atractivas. ✓ Les gusta el trabajo en equipo. ✓ Retaba a los estudiantes con lo aprendido en clase.
¿Cuáles fueron algunos comentarios negativos de parte de los estudiantes en torno a la actividad?	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Muchos procedimientos y cálculos. ✓ Las actividades eran muy largas (siempre culminaban justo cuando era cambio de periodo). ✓ Procedimientos en actividades que requerían mucha repetición, solo querían hacer una o máximo 2 repeticiones del ejercicio (por ejemplo, actividad 1, 3 y 4 requerían mucha repetición de un objeto en movimiento en una pista).
¿Qué expresiones o comportamiento tomaron los estudiantes hacia las tareas que componen la actividad?	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Un poco de desmotivación de parte de los estudiantes al inicio de la actividad, luego se involucraban más en las tareas. ✓ Algunos estudiantes querían ser parte de la actividad, pero no querían hacer los cálculos del ejercicio (importante para que ellos asociaran el ejercicio con la actividad). ✓ La mayoría de los estudiantes realizaron todas las tareas en el ejercicio. ✓ La mayoría de los grupos quisieron investigar más allá de lo que estaba sucediendo en la actividad. Hacían muchas preguntas, buscaban información, iban a donde la investigadora o el maestro para más detalles y cómo ellos podían integrarlo en su vida cotidiana.
<p>¿Qué señales de aprovechamiento académico mostraron los estudiantes al finalizar la actividad? Por ejemplo,</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ ¿Pudieron utilizar pensamiento científico para ejecutar las tareas de las actividades? 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ocurrían muchas preguntas de lo que estaba ocurriendo en la actividad. ✓ Asociaban los temas en discusión con la actividad. Podían diferenciar, por ejemplo, distancia de desplazamiento y velocidad de rapidez. ✓ Todos pudieron contestar las hojas de trabajo de cada actividad. Importante, tener en consideración que el trabajo en las actividades era en equipo, por lo que siempre

Preguntas	Resumen de contestaciones
<ul style="list-style-type: none"> ○ ¿Pudieron contestar los ejercicios de repaso en todos los documentos de las actividades? ○ ¿Pudieron asociar la actividad con eventos de la vida cotidiana? 	<p>era necesario estar muy alerta de que todos los estudiantes cooperaran con la hoja de trabajo.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ En ocasiones, había grupos con integrantes que no estaban muy dispuestos a cooperar. En estos casos, la investigadora y el maestro intervenían para que fueran parte de la discusión. ✓ En todas las actividades se hacía problematización, por el cual los estudiantes podían asociar la actividad con eventos de la vida cotidiana. Sin embargo, hubo actividades que fueron más evidentes al expresar esta asociación. Por ejemplo, la actividad 4, utilizamos sensores de aceleración. Los estudiantes pudieron ver la aceleración de un carro en una colina, y pudieron entender los peligros de un carro que no respeta las leyes de velocidad, en especial en una inclinación y lo que implica ir a una aceleración más alta de lo adecuada (según la ley).
<p>¿Cuáles fueron las limitaciones que tuvieron los estudiantes al hacer la actividad dentro del salón de clases?</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Espacio del salón fue muy pequeño para algunas actividades, lo que ocasionaba que algunos grupos estuvieran muy cerca, con poco espacio de trabajo. ✓ Condiciones dentro del salón de clases: poca iluminación, poco espacio, mesas de trabajo muy pequeñas. ✓ Una limitación muy grande fue la cantidad muy alta de estudiantes por grupo. Esto ocasionaba: muchos estudiantes teniendo discusiones grupales a la vez (mucho ruido), poco espacio de trabajo, muchas dudas y comentarios que atender (demasiado para solo dos personas: maestro e investigadora) y pocos materiales para muchos estudiantes lo que ocasionaba grupos de trabajo muy grandes (en todas las actividades se crearon 8 grupos de trabajo para una distribución de materiales equitativa).
<p>¿Qué modificaciones tuvo que hacer el maestro para que sus estudiantes pudieran hacer la actividad de manera exitosa?</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Modificaciones al tiempo de duración de las actividades. 2. Constante comunicación con la investigadora en cuanto a los días ideales, en el calendario escolar, para que el trabajo se realice en su totalidad.

Como se mencionó en el capítulo de *Métodos*, no es hasta conocer a la población que se decide qué modificaciones se le deben hacer a las actividades. Estas actividades tuvieron un periodo de creación y desarrollo de aproximadamente 4 meses (contando con la revisión de expertos). No obstante, se dejaron abiertas a cambio mientras se conocían los intereses

de los estudiantes en cuanto a lo que querían practicar en el salón. En el transcurso de la implementación, la problematización tuvo un rol muy importante en la conceptualización del estudiante. Se tuvo que añadir problemas con mayor relación a los eventos que vivían los estudiantes en su día a día. Además, se tuvo que añadir más tecnología para captar su atención. A pesar de las limitaciones (mencionadas más adelante en el capítulo de *Conclusiones*), las actividades se pudieron realizar con éxito, a pesar de la extensión del lapso que se estimó al inicio de la implementación. Sin embargo, esta extensión fue necesaria para completar correctamente la intervención con los estudiantes, y poder recopilar en la posprueba el conocimiento adquirido.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

Introducción

En esta investigación, la búsqueda de un aprendizaje efectivo de los estudiantes fue la razón principal. Los maestros de Ciencia tienen la responsabilidad de impartir a sus estudiantes el conocimiento de una cosmovisión científica y de los límites, posibilidades y dinámicas de las Ciencias como una manera de saber o conocer (Bybee, 2004, p. 15). Esto involucra una enseñanza en donde el estudiante logre aplicar lo aprendido en su vida; como un conocimiento adquirido para la toma de decisiones. El sistema educativo debe desarrollar una educación que contribuya a una correcta concepción del mundo; formar individuos preparados para enfrentar el mundo en que viven y tomar decisiones trascendentales para la humanidad con conciencia de las consecuencias sociales (Gil, citado en Rivas & Turull, 2005, p. 90). La educación con enfoque STEM propone una enseñanza llena de retos, utilizando problematización, para que los estudiantes puedan conceptualizar la teoría de lo aprendido. En otras palabras, pretende desarrollar un aprendizaje significativo para que lo lleven (y apliquen) toda su vida.

Como se ha mencionado anteriormente, el Departamento de Educación apoya una educación STEM basada en el éxito de esta en diversos estados de Estados Unidos que la implementan. Con los datos obtenidos podemos afirmar que en estudiantes puertorriqueños la educación STEM tiene un efecto positivo en el aprovechamiento académico en la clase de Física, evidenciando la hipótesis postulada de este estudio. El proceso investigativo contó de una implementación de 4 actividades STEM (de los temas discutidos en clase al

momento; sin incluir actividad de presentación y cierre de la lección) y una pre y posprueba para medir aprovechamiento académico.

En este capítulo se discutirán los resultados obtenidos, contestando la pregunta de investigación: ¿Qué tan significativo será el efecto del enfoque pedagógico STEM en el aprovechamiento académico de los estudiantes en la clase de Física? Además, se justificará la hipótesis del estudio (la intervención de la educación con enfoque STEM en el currículo académico causará un efecto positivo en el aprovechamiento académico de los estudiantes en la clase de Física) utilizando los datos estadísticos presentados en el capítulo anterior. Por otro lado, estos datos cuantitativos serán comparados con los obtenidos en estudios pasados relacionados con el tema de investigación. Se estará discutiendo como variaron o qué tan similares fueron con estos estudios y como los mismos fueron afectados (o no afectados) por las limitaciones presentadas.

A partir de los resultados, la experiencia de implementación y las limitaciones presentadas, se discutirá las recomendaciones y procesos que se podrían tomar en consideración para un futuro estudio con problema similar. También se discutirán posibles estudios de otras áreas relacionadas con la educación STEM que podrían fortalecerse de seguir investigándose. Estos problemas salieron a raíz del proceso investigativo de este estudio y se sugiere seguir la investigación de estos para continuar el desarrollo de la educación STEM en el país. Acorde a estos nuevos problemas de investigación, se sugieren otros procesos metodológicos para nuevas investigaciones que podrían beneficiar la calidad de la implantación de STEM dentro del salón de clases, mejorando el proceso de enseñanza/aprendizaje en el curso de Física u otras Ciencias.

Discusión

Al hacerse las pruebas pertinentes para saber si se cumple con las precondiciones de una ANCOVA, exitosamente se encontró que la precondición de (1) tamaños de muestras desiguales, (2) normalidad, (3) linealidad, (4) puntuaciones aisladas, (5) homogeneidad de varianzas, (6) homogeneidad de regresión e (7) independencia de covariable y variable independiente se cumplieron. Luego de realizar estas pruebas se continua con la discusión de los resultados con seguridad de que los resultados obtenidos son fiables.

Para esto, retomemos la pregunta de investigación: ¿Qué tan significativo será el efecto del enfoque pedagógico STEM en el aprovechamiento académico de los estudiantes en la clase de Física? Para investigar con profundidad esta pregunta, se necesita analizar detenidamente los resultados obtenidos con el programado SPSS. Se obtuvo que la diferencia entre las medias fue distinta cuando se realizó la estadística descriptiva. En las pospruebas, los estudiantes de la escuela de grupo experimental obtuvieron una media de $M= 50.32$; en comparación con la media del grupo control, $M= 33.85$. Desde este dato, se puede observar que hubo una diferencia bastante amplia entre los grupos (en cuanto a la media). Aunque es incorrecto categorizar la media como un simple promedio de las puntuaciones, se podría interpretar que la mayor parte de las puntuaciones de los estudiantes del grupo experimental fueron más altas que las del grupo control.

Si nos concentramos en los resultados del grupo experimental, se obtuvo una media de casi el doble en la posprueba ($M= 25.43$ en preprueba, $M= 50.32$ en posprueba). En comparación con el grupo control que obtuvo una $M= 31.54$ en la preprueba y una $M=$

33.85 en la posprueba. Si asociamos estos hallazgos a base de la literatura de pasada, en un cuasiexperimento realizado por Fan & Yu (2015) las medias del grupo experimental subieron de $M= 49.00$ (preprueba) a $M= 57.53$ (posprueba), medidas por puntuaciones obtenidas en un instrumento creado por los investigadores (prueba de aprovechamiento de 16 ítems). En comparación, los resultados de la media obtenidos en esta investigación cambiaron mucho más entre pre y posprueba que en los resultados del cuasiexperimento realizado por Fan y Yu (2015). A base de la literatura parecida a la de Fan y Yu (2015) se esperaba que las medias subieran entre pre y posprueba. Sin embargo, la diferencia entre medias obtenidas en esta investigación fue mucho mayor que en pasadas investigaciones. No obstante, esto no indica que existe un nivel significativo entre la diferencia en puntuaciones. Entonces, ¿cuán significativo fue la diferencia entre grupos?

Se realizó una prueba de t (por SPSS) para conocer el nivel significativo de esta diferencia. Mientras que el grupo experimental obtuvo un nivel significativo de $p= 0.00$, el grupo control tuvo una $p= 0.26$. La diferencia entre las puntuaciones del grupo experimental fue significativa ($p < 0.05$, $p=0.00$). Por otro lado, la diferencia entre las puntuaciones del grupo control no fue significativa ($p > 0.05$, $p=0.26$). Sin embargo, es de interés conocer si esta diferencia fue a base de la intervención. Al realizar la ANCOVA sí se puede apreciar el nivel significativo que tuvo el efecto de la intervención en los grupos.

En la ANCOVA, se refleja el nivel significativo del *Grupo* (luego de la intervención) con una $p= 0.001$, indicando que es este el nivel significativo correspondiente a la pregunta de investigación. En efecto, sí hubo una diferencia estadística luego de la intervención indicando un efecto. Para ser más específico en el tamaño de ese efecto se

evalúa el valor de la n^2 (*partial eta square*). De acuerdo con pasados estudios, Erdogan y Stuessy (2015) obtuvieron un tamaño del efecto relativamente pequeño (según los investigadores), con un valor de $n^2 = 0.02$ a $n^2 = 0.13$. Sin embargo, esta medida fue a base de un examen estandarizado (TAKS) y no por una prueba de aprovechamiento creada por los investigadores. Sin embargo, Erdogan, Corlu & Capraro (2013) sí utilizaron una pre y posprueba (creada por los investigadores) en otro estudio sobre el efecto de STEM siendo el tamaño del efecto más alto (utilizando el método de *Cohen's d* obtuvieron tamaños de 0.62 a 1.71 ya que no solo observaron el efecto en Ciencias, sino en Matemáticas y en Lectura científica). Sin embargo, no mencionaron el tamaño del efecto parcial debido a STEM en ciencias. No obstante, el rango de 0.62 a 1.71 obtenido por Erdogan, Corlu & Capraro (2013) fue más alto que el obtenido en esta investigación ($n^2 = 0.18$). Tomando en consideración que en esta investigación se decidió utilizar una pre y posprueba, realizada por la investigadora, con el propósito de medir exactamente el contenido físico que los estudiantes estaban aprendiendo en clase se puede esperar que los n^2 no sean los mismos que pasadas investigaciones. Obteniendo una $n^2 = 0.18$ se puede deducir que, según los resultados obtenidos anteriormente por Erdogan y Stuessy (2015), el tamaño del efecto fue “relativamente pequeño” (según ellos lo podrían catalogar). Sin embargo, fue revelador en cuanto al efecto que tuvo STEM en el aprovechamiento en la clase de Física retomando que no todos los estudiantes reaccionan igual a un enfoque educativo en específico. Con estos resultados, podemos contestar la pregunta de investigación conociendo el nivel significativo del efecto; además que encontramos evidencia a favor de la hipótesis estipulada: La intervención de la educación con enfoque STEM en el currículo académico

causará un efecto positivo en el aprovechamiento académico de los estudiantes en la clase de Física. Dejándonos llevar por el valor de la n^2 , se puede sostener la hipótesis.

Otro dato que apoya la hipótesis en investigación es el valor de F en el grupo. En cuanto a los datos de esta investigación, se obtuvo una $F(1, 57)=12.48$, lo cual sobrepasa bastante el valor crítico a un alfa de 0.05. Al sobre pasar el valor crítico, la hipótesis nula se rechaza, a favor de la hipótesis de que sí existe una diferencia entre las medias de los grupos (Tabachnick & Fidell, 2013, p. 42). Además, mientras más alto sea el valor en comparación, mayor es el poder de esta diferencia. El valor crítico a sobre pasar es de $F=4.00$ (valor estandarizado según los grados de libertad), lo cual indica que existe una diferencia probada por los cálculos estadísticos.

Estos datos se pueden comparar con los publicados en la investigación de Fan y Yu (2015). Los investigadores realizaron un cuasiexperimento con 3 covariables. Si observamos los datos obtenidos en la ANCOVA se obtiene una $F(1, 329)=34.46, p < 0.01$ y una $n^2=0.16$; interpretando que hubo un efecto en los estudiantes estadísticamente significativo. Específicamente en el área de Ciencias en su estudio, el tamaño del efecto fue de $F(1, 329)=16.37, p < 0.01$, y un $n^2=0.05$. Al comparar estos datos con los obtenidos en este estudio, a pesar de que el alfa con el cual se trabajó fue distinta, la interpretación fue la misma. Por otro lado, en la investigación de Mativo y Wicklein (2011) obtuvieron un valor de $F=4.40, p=0.04 (p < 0.05)$ igualmente sosteniendo la hipótesis con los resultados obtenidos. La diferencia entre estas investigaciones fue que Fan y Yu (2015) utilizaron una prueba de aprovechamiento creada por ellos, mientras que Mativo y

Wicklein (2011) midieron el efecto por una prueba estandarizada. Por lo que sería mejor comparar el valor de F obtenido en esta investigación con la de Fan y Yu (2015).

En comparación, los resultados obtenidos en esta investigación fueron bastante parecidos con investigaciones pasadas. Con esto, se cumple el propósito de la investigación establecido: medir si la educación con enfoque STEM estadísticamente tiene un efecto positivo para así tomarlo en consideración en las escuelas en Puerto Rico. En todo momento, se esperaban resultados que apoyaban la educación STEM debido a la revisión de literatura encontrada. Esta literatura hace que el futuro de las implementaciones STEM en la educación en Puerto Rico sea uno optimista; y el añadir esta investigación a la revisión de literatura abre paso a la investigación sobre la educación STEM en las escuelas públicas de Puerto Rico.

En referente a esto, se realizó una prueba de medias en un intervalo de confianza de 95%, y los resultados en el grupo experimental fueron los siguientes. Con una $M= 51.16$, y un error estándar de 2.65, podríamos predecir que las medias de otras futuras muestras en intervención podrán recaer en un intervalo de $M= 45.86$ a $M= 56.46$. Con la expectativa (debido a la revisión de literatura) de que la educación STEM podría causar una media más alta entre los grupos, se comienza a evaluar posibles limitaciones y recomendaciones que se podrían tomar en consideración para futuras intervenciones con el enfoque.

Limitaciones

Entre las limitaciones del estudio se comenzará discutiendo las limitaciones dentro del salón de clases (la intervención). Anteriormente se mencionan las características de la población: provenientes de escuela pública (no especializada) de la Oficina Regional

Educativa de San Juan y que cursen Física secundaria. Sin embargo, una de las limitaciones en cuanto a trabajar con esta población en específico es trabajar alrededor de la calendarización y organización del DEPR y la comunidad escolar. El investigador tiene que estar preparado para trabajar en un semestre con: días cortos (8am a 12pm) que no es recomendable trabajar; horarios libres y horarios cortos a causa de actividades escolares, ferias universitarias y repasos para el examen de admisión universitaria (examen *College Board*); días con receso académico debido a horas de desarrollo profesional (talleres) para los maestros; entre otras actividades dentro del calendario escolar. Estas actividades afectaron la fluidez de la intervención con actividades. Por ejemplo, estipulando que se iba a implementar una vez a la semana (componiendo 4 actividades en total), hubo una semana que se implementó dos veces para recompensar una semana que no se implementó. No obstante, las actividades siempre iban acorde con lo que el maestro estaba discutiendo en clase (nunca hubo el caso de una intervención sin material del curso discutido de antemano).

Sin embargo, estos lapsos de tiempo entre actividades provocaban la repetición constante del material ofrecido en pasadas actividades. Para atender dudas del contenido entre actividades, se realizaron repasos cortos, de los conceptos discutidos desde el inicio de la intervención, hasta la actividad a realizar en el momento dado. Además, era importante repasar lo que se realizó “en equipo” y los conceptos aprendidos al finalizar de todas las actividades. A pesar de ser necesario, el repaso al inicio y al final de cada actividad, era tiempo adicional que se tuvo que distribuir de manera adecuada para que se diera una actividad exitosa. No obstante, la conceptualización del material no se detenía en

la actividad y en sus repasos, ya que el maestro continuaba el tema cuando la investigadora no se encontraba implementando. Esto ayudaba a aquella porción de estudiantes que quedaban con dudas. Sin embargo, el tiempo estipulado de la intervención se alargó debido a que, tanto el maestro como la investigadora, opinaron que era necesario para una mejor conceptualización y aprendizaje entre los estudiantes.

Otro factor que afectó en la implementación de las actividades fue la falta de motivación entre los estudiantes. Este comportamiento hacia el curso creaba un efecto en la cantidad de aprovechamiento que los estudiantes pudieran tener. Se pudo observar que, al material aumentar de nivel de dificultad, los estudiantes se desmoralizaban. Esta actitud se observaba al inicio de todas las actividades. Sin embargo, mientras se iban desarrollando las tareas, lograban encontrar un sentido a lo aprendido por medio de la problematización que se les presentaba. Durante las actividades lograban completar todas las tareas; nunca hubo el caso que un grupo no terminara.

Un evento muy curioso en cuanto a la motivación del estudiante es que afecta demasiado al momento del aprendizaje. Mientras más diferente o atractiva sea la actividad, más los estudiantes aprenden. Esta observación se hizo mucho en la actividad 4, donde se les permitió utilizar su celular solo para la aplicación del *Google Science Journal App*. Al observar cómo las gráficas de aceleración variaban dependiendo de la fuerza aplicada al carro, ellos lograron entender cómo afecta la velocidad y el tiempo en la aceleración de un objeto. Pero esta conceptualización fue posible debido a que la actividad los atrajo, en especial el uso de la aplicación. Con esto se comprobó que las actividades atractivas son la clave para un aprendizaje significativo, probando lo aclarado por Velázquez y Figarella

(2018). No obstante, trabajar con este factor fue un reto ya que no todas las actividades van a ser atractivas para toda la población, y la constante modificación de las actividades para ajustar a los gustos de los estudiantes en parte fue uno de los mayores retos de la intervención. Sin embargo, de no tener una intervención efectiva con las actividades, no se hubieran obtenido los resultados deseados.

Por otro lado, una limitación grande de la intervención fue la cantidad de estudiantes que se atendió por grupos. La cantidad de estudiantes por grupo limitó la atención de la investigadora en el momento de implantación. En las actividades, se trabajó en equipo con el maestro. Sin embargo, el atender todas las dudas o comentarios presenta retos cuando se trabaja con una cantidad muy grande de estudiantes por grupo. Tomando en consideración que solo hay un maestro dentro del salón de clases, la distribución de estudiantes por grupo debe de ser partiendo de una cantidad adecuada para se puedan atender todas las necesidades de los estudiantes. Además, cada grupo debe componerse de una cantidad de estudiantes acorde a la cantidad de materiales que el maestro disponga en clase. De esta manera, la carga será aliviada, los materiales didácticos necesarios serían menos y el maestro pudiera atender las necesidades de sus estudiantes sin problemas.

En cuanto a las limitaciones de la investigación en general se puede mencionar las limitaciones en cuanto al tiempo. Por ejemplo, la propuesta de esta tesis fue aprobada a principios de mayo. Para trabajar con los conceptos específicos en el curso de Física (calendarizados por el DEPR para finales de agosto), se tuvo que trabajar con los procesos de validación del instrumento, la creación y validación de las actividades y la solicitud de permisos en verano; meses en el año en donde muchas de las personas claves para que esto

fuera posible tenían tiempo libre de sus trabajos (vacaciones). Aunque para efectos de esta investigación se pudo lograr, no se recomienda trabajar con todos estos procesos en tan poco tiempo; en especial el permiso del Departamento de Educación. Esto se debe a que cada proceso tarda en hacerse. En cuanto al permiso del DEPR, el proceso de solicitud y aceptación cambió a ser en línea y no presencial. Esto podría facilitar el proceso a futuros investigadores.

Recomendaciones

Para la intervención con los estudiantes, las actividades fueron creadas por la investigadora junto a un panel de expertos que fortaleció la base de estas. La investigadora y los integrantes de este panel tienen experiencia en educación con enfoque STEM y han trabajado con poblaciones similares a las del estudio. Sin embargo, se debe recordar que muchos maestros no están preparados o no tienen el desarrollo profesional correcto como para implementar el enfoque STEM en sus salones de clase. La práctica correcta de la educación STEM (u otro tipo de enfoque educativo) es esencial ya que son estas las actividades o proyectos que causarán ese efecto positivo en el aprendizaje. A base de esto, una de las recomendaciones sería preparar adecuadamente a los maestros del sistema público. En cuanto a esta preparación se sugieren diversos talleres, conferencias, video conferencias, entre otros, en los cuales los maestros aprendan y puedan aplicar lo aprendido dentro de su salón de clases. Se sugiere que esta intervención con los maestros sea una constante, en donde compañías como Amgen Inc., GWorks, la *National Science Teacher Association*, entre otras, sean contratadas para estas actividades de desarrollo profesional. Como se mencionó anteriormente, se debería trabajar junto a los maestros la planificación

de actividades que desarrollen la motivación y el interés en los estudiantes. Para que estas actividades se desarrollen, todos los maestros deben de tener las herramientas y destrezas apropiadas para el progreso de estas. No obstante, se recomienda que haya un *coaching* directo con los maestros y que sea continuo de manera que el maestro tenga a su disposición un profesional que estará con ellos paso a paso para una integración efectiva del enfoque STEM dentro del salón de clases. Como posibles adiestramientos que este profesional le ofrece serían talleres continuos de desarrollo profesional donde se integren los maestros de las disciplinas que comprenden STEM. De esta manera, sus clases serán diferentes, activas y entretenidas; además que su dominio en el enfoque se enriquece. Como método de incentivo para los maestros, el Departamento de Educación de Puerto Rico podría ofrecerles el material didáctico adecuado para la integración del enfoque STEM en el salón de clases.

Por otro lado, debido a la cantidad de estudiantes que algunos maestros atienden, también se sugiere una alianza con personas externas al momento de intervenir con actividades más complejas (o con materiales más sofisticados). Estas entidades podrían asistir al maestro en el salón de clases, atendiendo dudas o comentarios por medio de una planificación de lección. Además de que los estudiantes pueden disfrutar de actividades implantadas por profesionales dedicados al enfoque STEM, se fortalece el currículo de enseñanza de parte del maestro; y tanto los estudiantes como el educador ganan experiencias. Algunas de estas entidades podrían ser *Starbase* (mencionado anteriormente), Ecoexploratorio (<https://ecoexploratorio.org/>) y *Forward Learning* (<https://forwardlearning.com/>).

Si vamos más atrás en la preparación del maestro, debemos considerar igualmente su preparación académica universitaria. Debido a la exponencial popularidad de STEM, investigaciones pasadas, y los hallazgos de esta investigación, se recomienda a la universidades de Puerto Rico que preparen a sus estudiantes (futuros maestros) en el uso y la práctica de este enfoque. Se recomienda que las organizaciones de educación postsecundaria promuevan el desarrollo de maestros altamente calificados y asegurar su muy necesaria participación en los esfuerzos para mejorar la educación STEM (Bouwma-Gearhart, Perry & Presley, 2014, p. 45). Debido a que existe una necesidad en preparar estudiantes para seguir carreras en STEM, y los campos relacionados a este enfoque, se crea igualmente la necesidad de preparar maestros con el conocimiento del contenido pedagógico, habilidades y eficacia para enseñar efectivamente con este enfoque (Ledbetter, 2012; Nadelson, Callahan, et al., 2013; citados en Prentiss Bennett, 2016, p. 1, 2016). Para que esto sea posible, se deben de preparar maestros con el conocimiento y práctica en STEM, y con el acceso de recursos apropiados y desarrollo profesional para una preparación adecuada (Prentiss Bennett, 2016, p. 4). Esta preparación debe de estar enfocada en la planificación de actividades dinámicas que ayuden en el proceso de conceptualización, el dominio que tenga el educador del contenido, y la integración fluida de estas actividades dentro del currículo. De esta manera, los futuros maestros saldrán más preparados. Además que salen con su título universitario, tienen una especialización en el enfoque.

Sugerencias para modificaciones de la prueba

Como parte de la creación de una prueba el *Joint Committee on Standards Evaluation* (2017) y AERA, APA y NCME en los *Standards for educational and psychological testing* (2014, p. 11) sugieren que la misma sea evaluada por diversos procesos de validación; esto implica la acumulación de evidencias relevantes para proporcionar una base científica sólida para las interpretaciones de las puntuaciones. Para el desarrollo de esta prueba se recopilaron dos tipos de evidencia de validez: evaluación de expertos (evidencia basada en contenido) y una entrevista cognitiva (evidencia basada en proceso de respuesta) como se señaló en el *Capítulo 1*. Estas evidencias de validez ayudan a justificar el uso de la prueba (AERA, APA & NCME, 2014, p. 11). Sin embargo, no es hasta luego de la administración de la prueba que se puede apreciar la confiabilidad de la medida de esta. Se refiere a confiabilidad a cuán estables o consistentes son los resultados obtenidos por medio de los instrumentos de evaluación en diferentes ocasiones (Medina & Verdejo, 2001, p. 74). Existen muchos índices de confiabilidad; no obstante, para la medición de esta prueba, se seleccionó calcular el índice de Alpha de Cronbach, obteniendo un 0.78, que según los estándares de Gliem & Gliem (2003, p. 87) es bueno.

Otro examen que se hizo para verificar cualidades psicométricas de la prueba fue un examen de cada uno de los ítems. Se utilizan los datos recopilados de la posprueba para este examen ya que reflejan el conocimiento adquirido luego de la intervención. Partiendo de estos análisis, se puede interpretar y recomendar lo siguiente:

1. Retomando primero los ítems de alternativas múltiples, en la tabulación de frecuencias y porcentajes de los grupos unidos en la posprueba (luego de la

intervención), todos los distractores fueron escogidos (ninguna alternativa tuvo una frecuencia de 0, o 0%). Si se evalúan los grupos por separado:

- ✓ Grupo experimental: En el ítem 2, el distractor d no fue seleccionado por los estudiantes.
- ✓ Grupo control: En el ítem 4, el distractor d no fue seleccionado por los estudiantes. En el ítem 10, el distractor c no fue escogido.

En la tabulación de las contestaciones de los grupos unidos (posprueba) hubo distractores con mayor frecuencia que la respuesta correcta.

- ✓ Ítem 6: distractor b fue más escogido que la respuesta correcta (a).
- ✓ Ítem 7: distractor b fue más escogido que la respuesta correcta (c).
- ✓ Ítem 8: distractor d fue más escogido que la respuesta correcta (c).
- ✓ Ítem 10: distractor d fue más escogido que la respuesta correcta (c).

En la tabulación de los grupos individuales, se observa que en el:

- ✓ Grupo experimental:
 - En el ítem 6 el distractor b fue más escogido que la respuesta correcta (a).
 - En el ítem 8 el distractor d fue más escogido que la respuesta correcta (c).
- ✓ Grupo control:
 - En el ítem 1 el distractor d fue más escogido que la respuesta correcta (c).

- En el ítem 2 el distractor a fue más escogido que la respuesta correcta (b).
- En el ítem 5 el distractor a fue más escogido que la respuesta correcta (d).
- En el ítem 7 el distractor b fue más escogido que la respuesta correcta (c).
- En el ítem 8 el distractor b fue más escogido que la respuesta correcta (c).
- En el ítem 10 el distractor d fue más escogido que la respuesta correcta (c).

Es importante que se revise el ítem y observar por qué los distractores en el ítem 2, 4 y 10 no fueron seleccionados (d, d y c respectivamente). Se recomendaría evaluar si las alternativas verdaderamente discriminan o son demasiado evidentes para los estudiantes. Relacionado con estos ítems, se verificó la tabulación de recomendaciones de los expertos, en donde gran mayoría de los expertos encontraron correspondencia entre las premisas y las alternativas. Fue esta la razón por la cual no se hizo cambios. Además, ninguna alternativa es relacionada a otra idea diferente a la idea de la premisa, esto se puede comprobar cuando se verifican los datos tabulados en la tabla 20, en donde el coeficiente de correlación fue aceptable. Por otro lado, en cuanto a los distractores que fueron más seleccionados que las respuestas correctas se deben de evaluar el ítem para verificar por qué los estudiantes seleccionaron más ese distractor. Se hizo la observación que en los

ítems 6, 7, 8 y 10 tuvieron mayores frecuencias en los distractores que en la respuesta correcta. De acuerdo con este comportamiento, se hace referencia a la tabla 20. En el ítem 6, se muestran datos estadísticos bajos (discriminación, dificultad y coeficiente de correlación de Pearson); en el ítem 7 fueron aceptables; en el ítem 8 fueron bajos; y en el ítem 10 fueron altos. De estos cuatro ítems, el 6 y el 8 deberán de ser evaluados en profundidad para verificar lo que impidió a los estudiantes a seleccionar la respuesta correcta (evaluación que se estará realizando más adelante). Además, estos ítems mostraron un nivel alto de dificultad en ambos grupos. No obstante, en cuanto a estos ítems, es importante aclarar que en la revisión de expertos gran mayoría aprobó la correspondencia de la premisa y las alternativas presentadas. Sin embargo, se estarán evaluando estos ítems por separado ya que no se asume que la dificultad haya sido relacionada a confusión a causa de las alternativas, sino a la composición de la premisa.

2. En cuanto a la frecuencia de las contestaciones correctas, todos los ítems fueron contestados (variando la frecuencia de contestaciones correctas por cada ítem), según las tabulaciones de los resultados de los grupos unidos. Por grupos separados:
 - ✓ El grupo experimental no tuvo ningún ítem que tuviera frecuencia de 0 en posprueba.
 - ✓ Sin embargo, en el grupo control, los ítems 10, 14 y 18 tuvieron una frecuencia de 0, indicando que fueron estos ítems que causaron más dificultad o duda. No obstante, se esperaba que el grupo control, debido a

que fue el grupo sin la intervención, sintiera dificultad al contestar algunos de los ítems de la prueba.

3. A partir de esta observación, se hace referencia a los índices de dificultad en estos ítems observados. A base de la tabulación de los dos grupos unidos, el ítem 10 fue interpretado como difícil, al igual que el ítem 14 y 18.
 - ✓ Mientras que el ítem 10 tuvo un índice de “mediana dificultad” en el grupo experimental, el grupo control tuvo un índice “difícil”. Lo mismo sucede con el ítem 18.
 - ✓ Sin embargo, en el ítem 14 fueron ambos grupos por separado cuyas interpretaciones fueron categorizadas como “difícil; del mismo se elaborará más adelante ya que este fue de carácter particular en la prueba.

En cuanto a los índices de dificultad de los resultados de ambos grupos unidos, el ítem 6, el ítem 8 y el ítem 11 mostraron tener índices interpretados como difíciles.

A partir de estos índices de dificultad, el enfoque de posibles ítems que podrían afectar la confiabilidad estarían en los ítems 6, 8, 10, 11, 14 y 18. A pesar de que el índice de dificultad no es suficiente como para deducir algún problema en el ítem, es un buen indicador para iniciar un análisis más profundo que ayude a decidir si se beneficia la confiabilidad eliminándolos de la prueba o simplemente verificarlos.

Para este análisis se continuará considerando solo los resultados obtenidos en ambos grupos juntos. De esta manera se podrá tomar en consideración tanto las puntuaciones altas como las bajas de la muestra completa. Si solo se toma en consideración las puntuaciones del grupo experimental para este análisis en específico, se estaría

excluyendo la población del grupo control de los cuales puntuaciones son igualmente importantes en cuanto a la mejoría de la prueba. Por otro lado, es importante recordar que el grupo control no tuvo la intervención, pero si aprendió sobre los conceptos en clase, lo cual lo hace capaz de contestar la prueba. Tomar en consideración ambos grupos unidos, ayuda en esta investigación a conocer si el ítem solo necesita una revisión de redacción o no discrimina en relación con los demás ítems. Además, se realizó este análisis con las puntuaciones de la posprueba ya que es la prueba que recopila el aprovechamiento de los estudiantes luego de haber aprendido sobre los conceptos bajo medición.

Primero, para este análisis, se hace énfasis a los resultados presentados en la tabla 17; índice de dificultad por ítem, índice de discriminación por ítem, coeficiente de correlación de Pearson de cada ítem y el coeficiente de confiabilidad Alpha de Cronbach de eliminarse el ítem. No solo por el índice de dificultad se tomará la decisión de eliminarse o revisarse el ítem. Que un ítem sea denominado como “difícil” no significa que no tenga un propósito en la prueba. Un ejemplo sería el ítem 18, uno de los ítems mencionados anteriormente con un índice de dificultad “difícil”. Mientras que su índice de dificultad es bajo, su índice de discriminación es muy alta, indicando que sí mide su objetivo. El coeficiente de correlación de Pearson de este ítem es aceptable con un 0.65 indicando correlación entre los otros ítems de la prueba. Otro ejemplo sería el ítem 10, con un índice de dificultad “difícil”, pero con un índice de discriminación alto y un coeficiente de correlación aceptable. Dado esto por discutido, de los ítems en observación debido a su índice de dificultad (mencionado anteriormente: 6, 8, 10, 11, 14 y 18), se continuarán con

las recomendaciones de ítems que pudieron afectar la confiabilidad debido a sus demás datos estadísticos.

4. El ítem 2 (alternativa múltiple), con un índice de dificultad interpretado como “mediana dificultad” tuvo un índice de discriminación bajo, indicando que no mide en su totalidad lo que intenta medir (objetivo 1). No obstante, el coeficiente de correlación de Pearson fue aceptable (0.20) y si se elimina el ítem, el Alpha de Cronbach no cambia mucho que el actual (0.78 a 0.79). La recomendación para este ítem es ser revisado. A pesar de que todos los distractores fueron escogidos, un 55% de estudiantes seleccionaron la respuesta correcta. Esto es otra razón por la cual solo se recomienda revisar la redacción y organización de idea del ítem.
5. El ítem 6 también fue un ítem con un índice de dificultad denominado como “difícil”. Además, los datos estadísticos infieren que el índice de discriminación fue bajo indicando que no mide lo deseado (objetivo 2). Por otro lado, la correlación fue inaceptable; además de que, si se elimina el ítem, el Alpha de Cronbach sube de 0.78 a 0.79 (no mucho). No obstante, si se aprecia el ítem en la prueba, se puede observar que es el único ítem con un ejercicio de despeje de variables, razón por la cual se creó el mismo. Se deseaba que, con el dato de aceleración y el dato de tiempo, los estudiantes despejaran variables para obtener la velocidad del objeto en movimiento. En la tabla de frecuencia, se observa que solo el 31% de los estudiantes del grupo experimental y el 15% de los estudiantes del grupo control pudieron contestar el ítem. Se puede observar que el 63% de los estudiantes (según la tabulación de los distractores de alternativas múltiples) optaron por la respuesta

b, respuesta que se obtiene si divides los datos que se les ofrece en el ejercicio. Se estipula que los estudiantes fueron directo a la pregunta final del ejercicio, y al observar que se les pedía velocidad, dividieron los datos; sin leer con precaución que se les ofrecía el dato de aceleración final y tiempo, en vez de desplazamiento y tiempo. Como recomendación, no se eliminaría este ítem, sino que se redactaría nuevamente para que el problema fuera más corto y preciso para los estudiantes. Como investigador, hay que tomar en consideración que los participantes también tienen un tiempo específico para contestar, por lo que se piensa que fue esta la razón por la cual el distractor b haya sido más atractivo.

6. El ítem 8, ya muestra datos inquietantes. A pesar de que, si se elimina, el Alpha de Cronbach sube de 0.78 a 0.79, el índice de dificultad es de 0.17 (difícil), el índice de discriminación es inaceptable (-0.01), y el coeficiente de correlación es inaceptable (0.11). Este ítem, alternativa múltiple, tuvo una frecuencia de 17 respuestas correctas y ambos grupos (experimental y control) lo consideraron difícil. Los estudiantes en la posprueba fueron atraídos por otra alternativa, seleccionando un 35% la contestación d (aceleración) y un 30% la contestación correcta, la alternativa c (velocidad). No obstante, el detalle está en la asociación que hicieron los estudiantes, partiendo de la figura presentada en la premisa, con las alternativas del ítem. A pesar de que los datos de los índices y correlación son indicadores de eliminar el ítem, se recomienda solo arreglar la gráfica presentada.

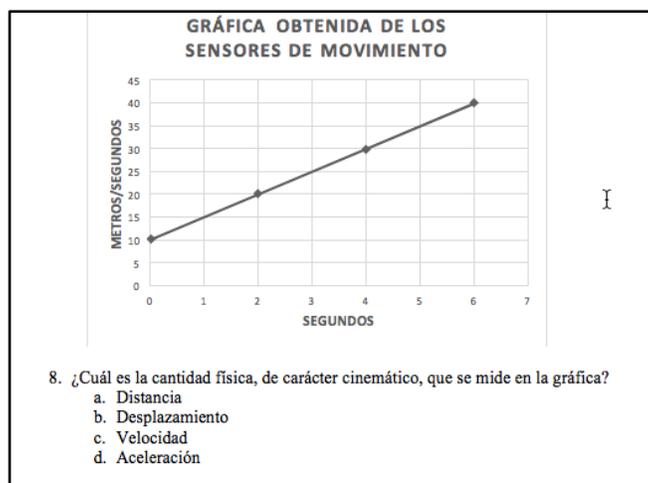


Figura 4. Ítem 8 de prueba de aprovechamiento.

Como se puede apreciar en la figura 4, el ítem 8 es relacionado con una gráfica presentada. El propósito del ítem es observar si a base de la variable del eje de y y de x en la gráfica, los estudiantes lograban identificar que es una gráfica de la velocidad de un objeto. Sin embargo, al identificar el eje de x como “segundos”, uniéndolo con la identificación del eje de y “metros entre segundos”, se considera que los estudiantes asociaron que era la aceleración de un objeto (cuando si la gráfica es de aceleración debe decir *metros entre segundos al cuadrado*). Si la identificación del eje de x hubiera sido “tiempo transcurrido” o “intervalos de tiempos”, posiblemente hubiera aumentado la claridad de la premisa. No se recomendaría eliminar este ítem sino redactarlo con información precisa para el entendimiento de los estudiantes. También podría ser más sencillo, teniendo una velocidad inicial de $0m/s$. Sin embargo, el propósito no sería hacerlo más sencillo, sino más claro. Otra razón por la cual se decide no eliminarlo es que los ítems 9 y 10 son relacionados a la gráfica también y ambos ítems tuvieron resultados

aceptables con una correlación entre ítems alta. Si estos ítems fueron creados de la misma idea, y solo uno no discrimina, es un indicador de que puede faltar organización en la redacción de este. Se puede concluir que el ítem tendría un mejor índice de discriminación si se organizara mejor la estructura de este, para así evitar confusión.

7. Cuando se trata del ítem 11, es el único con correlación negativa, afectando la correlación con los otros ítems de la prueba; en otras palabras, hay poca (a ninguna) relación entre este ítem y el resto de los ítems de la prueba. Por otro lado, el índice de discriminación fue inaceptable siendo éste -0.20. Este presenta la clasificación más baja según Bosco (2019), quien sugiere que probablemente deba eliminarse de la prueba. Por otra parte, el índice de dificultad fue de 0.19, denominado como difícil por los estudiantes. Independientemente, el grupo experimental tuvo un índice de “mediana dificultad”, y el control un índice denominado como “difícil”. En la posprueba de ambos grupos unidos, solo hubo 12 correctas; sin embargo, el grupo experimental bajó de una frecuencia de 15 correctas en preprueba a 9 correctas en posprueba, mientras que el grupo control quedó igual en ambas pruebas con una frecuencia de 3 correctas. El comportamiento del grupo experimental fue interesante ya que es probable que, durante la intervención, hayan entendido algo que los hizo cambiar de opinión sobre la respuesta del ítem. El ítem de respuesta alterna (Cierto o Falso) indica lo siguiente:

“La magnitud de la aceleración debido a la fuerza gravitacional ($g=9.80m/s^2$) es constante para todos los lugares de nuestro planeta Tierra.”

Se redactó este ítem debido a que es un dato que los estudiantes deben conocer al aprender de la aceleración de un objeto. A base de la revisión de expertos de la prueba, la palabra “constante” fue un remplazo a la palabra “definitiva” (redacción antes de la revisión). La palabra constante hizo sentido ya que lo que se quería medir era que los estudiantes estaban conscientes que a pesar de que para efectos de los ejercicios físico la $g=9.80\frac{m}{s^2}$ es estandarizada, la fuerza gravitacional puede variar en distintos lugares del mundo (al menos un poco), de tal manera que ellos puedan asociar la fuerza gravitacional en eventos y lugares de la vida real. Esto se intentó enseñar en la actividad 4 y en la actividad de diseño de ingeniería (actividad de cierre de intervención). Sin embargo, luego de la administración se pudo hacer la observación de que algunos estudiantes pudieron haber entrado en debate sobre este dato. También se puede hacer la observación que la premisa no fue lo suficientemente clara para los estudiantes al añadirse el dato numérico de la fuerza gravitacional. Es importante mencionar que estas observaciones no se pudieron realizar hasta luego de administrar la prueba a una muestra significativa.

Este ítem fue el menos que discriminó en la prueba demostrando datos estadísticos de que no midió efectivamente el objetivo 3. Por otro lado, el Alpha de Cronbach sube significativamente de 0.78 a 0.80. Es por esta razón que se sugiere que en una futura administración el ítem 11 sea eliminado para aumentar la confiabilidad de la medición.

8. El ítem 12 es otro ítem con un índice de discriminación y un coeficiente de correlación “inaceptable”. Sin embargo, su índice de dificultad fue denominado

como “fácil” (índice de 0.67) tomando en consideración los resultados de ambos grupos unidos. Individualmente, el grupo experimental tuvo un ascenso de índice de 0.19 (difícil) en la preprueba a un 0.62 (fácil) en la posprueba; mientras que el grupo control fue de un 0.23 (difícil) en la preprueba a un 0.85 (fácil) en la posprueba. Por otro lado, el ítem tuvo 29 correctas en el grupo experimental y 11 correctas en el control. Anterior a la revisión de expertos, el ítem fue redactado de la siguiente manera:

Sería adecuado que un proyectil sea rápido por su movimiento de carácter vectorial.

Se deseaba medir que los estudiantes, luego de la intervención, pudieran diferenciar entre una cantidad vectorial y escalar, asociando “rápido” con una cantidad escalar y no vectorial. Luego de la revisión de expertos se hizo la observación que los estudiantes no tocaban proyectiles hasta más adelante en el curso. Aunque “proyectil” no era necesario para contestar la premisa de respuesta alterna, podía traer confusión. Por otro lado, la organización de la idea y la redacción fueron revisadas por los expertos, estos sugiriendo un cambio. De acuerdo con los comentarios, se redactó el ítem de la siguiente forma:

Sería adecuado declarar que el tiempo pasa “rápido” por su cantidad de carácter vectorial.

Añadiendo la palabra “tiempo” y “rápido”, los estudiantes pueden asociar dos palabras con carácter escalar, haciendo la premisa falsa. Los conceptos de cantidades escalares y vectoriales fueron repasados durante todas las actividades e

intervención. Por otro lado, en la clase de Física son conceptos base durante todo el curso, por tanto, discutidos en el grupo control constantemente también. Se deduce que fue ésta la razón por la cual se les hizo la premisa “fácil” a los estudiantes de ambos grupos. No obstante, es uno de los dos ítems que mide la diferencia entre cantidades escalares y vectoriales. Por ejemplo, si se hace la comparación con el ítem 5, ambos tocan la distinción entre cantidades, excepto un ítem pregunta directamente el concepto, mientras otro lo conceptualiza con un evento (el ítem 5 mide objetivo 1 y el 12 el objetivo 3). Si observamos los datos estadísticos del ítem 5 como comparación, el mismo tuvo un índice de dificultad denominado como “mediana dificultad, un índice de discriminación alto, un coeficiente de correlación de Pearson aceptable y el coeficiente de confiabilidad de Alpha de Cronbach se quedaría igual con o sin el ítem. Esto es indicativo de que lo que hizo al ítem 12 “fácil” y no discriminativo fue su redacción, la misma dándole a los estudiantes una contestación fácil de discernir. Por otro lado, es uno de los tres ítems que evalúa el objetivo 3; y tomando en consideración que el ítem 11 se recomienda eliminarse en una futura administración de la prueba, se recomienda que el ítem 12 sea solo verificado y redactado de manera distinta, retando el aprovechamiento de los estudiantes en el tema (sin hacerlo muy complicado, pero tampoco muy fácil).

9. Es importante denotar el ítem 14 y su propósito en la prueba. Este ítem fue creado con la intención de medir que los estudiantes sabían implementar el sistema de unidad de medida. Es el único ítem en donde se medía la conversión de medidas

(de kilómetros a metros y de segundos a horas). Se esperaba observar un índice de dificultad bajo en el ítem debido a que, por experiencias de los maestros, los estudiantes tienden a presentar conflictos en ejercicios de conversión de medidas; sin embargo, era necesario evaluar este proceso. A pesar de que, a recomendación de los expertos y comentarios en entrevista cognitiva, se les dio en el ejercicio la medida de conversión ($1\text{km}=1000\text{m}$ y $1\text{h}=3600\text{s}$), el ítem fue denominado como difícil. No obstante, el índice de discriminación fue aceptable, al igual que el coeficiente de correlación de Pearson. Si el ítem fuera eliminado el Alpha de Cronbach sería de 0.77, menor que el actual. Es por esto por lo que no se recomienda eliminar ni modificar el ítem solo por su índice de dificultad. Podría revisarse la redacción, sin embargo, los datos estadísticos son prueba de que el ítem sí mide lo que intenta medir (objetivo 2).

A partir de estas recomendaciones, se recomienda revisar los aspectos de los ítems discutidos en esta sección para una futura administración de la prueba. De otra parte, se recomienda la eliminación del ítem 11 debido a que tiene una relación negativa con los demás ítems y su índice de discriminación fue inaceptable.

Sugerencias para estudios futuros

Gracias a la investigación realizada se pudo observar que se encontró un tamaño de efecto estadísticamente significativo en el aprovechamiento académico de los estudiantes en el curso de Física cuando se intervino con el enfoque STEM. Sin embargo, esta investigación solo prueba efectos en el curso de Física secundaria. Se recomienda que en futuras investigaciones se creen los mismos pasos metodológicos con otros cursos

relacionados al enfoque STEM, como lo son otras Ciencias (Biología, Química y Ciencias Terrestres) y también el curso de Matemáticas. Además, sería de interés investigar el efecto de la educación STEM en cursos de elemental (Kínder a 6to), ya que según la revisión de literatura estos grados son ideales para comenzar a intervenir con STEM y desarrollar las destrezas deseadas por el enfoque en los estudiantes desde temprana edad.

Por otro lado, mientras cambian las características de la población es importante crear un currículo a base de los conceptos a discutir en cada clase. Se recomienda que este currículo sea aprobado por expertos en el tema (revisión de expertos) y que el maestro pueda seguir modificando las actividades acorde con los intereses de los estudiantes. Esto hará que el aprendizaje sea uno efectivo. En esta investigación fue necesario modificar ciertas actividades ya que, a medida que se va implementando, se van conociendo estos intereses que motivan al estudiantado a poder conceptualizar en su totalidad lo que se está enseñando en clase. Son estas observaciones de parte de los maestros que hacen del enfoque uno exitoso. Como se menciona anteriormente, si el estudiante toma interés de un tema, va a seguir investigando sobre el mismo, lo que conlleva a un aprendizaje efectivo. A base de la intervención de esta investigación, se recomienda que las actividades de diseño de ingeniería se fortalezcan más dentro de la clase. Estas actividades conllevan a un reto, y por lo observado, a los estudiantes les gustan los retos. Por lo que se recomiendan actividades de diseño de ingeniería constantemente (pueden ser en forma de laboratorios) como un evento que atraiga el sentido a aprender los conceptos en clase. Otras sugerencias hacia una futura imitación de esta investigación serían:

1. *Respeto hacia las reglas del maestro colaborador en su salón de clases.*

Siempre tomar en consideración su opinión y sus recomendaciones hacia la intervención ya que solo él conoce en su totalidad a la población con la que se está trabajando.

2. *Respeto hacia los estudiantes.*

El trato que se les da a los estudiantes y el respeto hacia su espacio es parte del éxito de la intervención. El investigador tiene que recordar que está entrando al ambiente escolar de sus participantes y tiene que hacer todo lo posible por hacerlos sentir cómodos y amenos con la experiencia de trabajo.

3. *Paciencia en cuanto al calendario escolar establecido por el Departamento de*

Educación y la escuela en donde se trabaja. El cambio de calendario es constante cuando se trabajan con escuelas. El cambio de días de implementación puede suceder repentinamente (debido a alguna actividad, evento, o situación no prevista). El investigador debe de mantener mucha paciencia y fluir con el cambio de calendario que establece la escuela. Sería de mayor conveniencia si se separara una reunión entre el director o directora de la escuela y el maestro. De esta manera podrían llegar a un acuerdo de diferentes planes alternos para poder intervenir sin problema en cuanto a la calendarización. En cuanto a este estudio, las reuniones se hicieron por separado. Por otro lado, el investigador debe de separar bastante tiempo para la intervención con sus participantes ya que, al trabajar con estudiantes, muchas veces los objetivos no se cumplen en un tiempo en específico. Por ejemplo, los

temas a discutir (y de los cuales se iba a intervenir) están estipulados por el Departamento de Educación de Puerto Rico de tener una duración de 6 semanas. No obstante, la intervención tuvo una mayor duración.

4. *Administrar la prueba a un grupo piloto.* Para tener una medida de aprovechamiento académico confiable, la prueba debe medir exactamente lo que el investigador desea. Administrar la prueba en un grupo piloto ayuda a fortalecer la redacción de ítems para evitar confusión entre los estudiantes, o la medición de un contenido fuera del aprendido. Se entiende que este proceso toma mucho tiempo, más si es en un tema específico (que se tendría que esperar un año para volver a administrar). Sin embargo, es una manera de tener mayor confiabilidad en la medición. Esto beneficia al medir aprovechamiento académico, pero en una población más grande. Por ejemplo, de querer imitar esta investigación con más de dos escuelas y de todas partes de la isla. El hacer un estudio piloto no asegura obtener, por ejemplo, un mejor Alpha de Cronbach, pero sí podría ser beneficioso en la redacción de los ítems llevando a una mejor medición del contenido.

Posibles estudios en otras áreas relacionadas y nuevos acercamientos metodológicos para futuras investigaciones

Durante la intervención, diferentes observaciones captaron interés y es recomendable que sean investigadas en un futuro por medio de diferentes acercamientos metodológicos. A pesar de que STEM es muy investigado en Estados Unidos, como se ha mencionado anteriormente, en Puerto Rico es un enfoque relativamente nuevo en cuanto a

su implementación. Antes de esta implementación se deberían trabajar con otros factores relacionados con la enseñanza de STEM que son esenciales para que el enfoque sea uno exitoso y atractivo para los estudiantes. Además de la investigación sobre el enfoque STEM, hubo un factor muy importante en cuanto a la efectividad de los estudiantes en las actividades, siendo éste el primer estudio que se recomienda realizar.

1. Implantación curricular de la problematización y la situación motivadora en el curso de Física para desarrollar el aumento de la motivación de parte los estudiantes.

✓ Según las observaciones, el curso de Física no es atractivo para los estudiantes.

Los mismos comentaban que, lo que no les atraía, era lo matemático. Sin embargo, las fórmulas matemáticas son relativamente sencillas luego que sucede la conceptualización de lo teórico del curso. Las actividades que generen interés entre los estudiantes de continuar con su propia investigación sobre el tema los motiva, de alguna manera, a conceptualizar lo que implica la ecuación matemática para la solución de un problema en específico. A base de esta observación, se recomienda investigar más a fondo la motivación de los estudiantes en el curso de Física como causa de actividades que promuevan la implementación de situaciones motivadoras de manera constante. La etapa de implantación consiste en llevar a cabo el plan desarrollado para el currículo (unidad) que problematiza el aprendizaje (Velázquez & Figarella, 2018, p. 58). Este plan lo crea el maestro, tomando en consideración problemas actuales que llaman la atención de la población estudiantil. La problematización se basa en

un evento que impacte a la vida (directa o indirectamente) de los estudiantes. Para esto, el maestro debe estar al tanto de los intereses de su población estudiantil. A base de la estrategia de problematización, la situación motivadora (evento que genere motivación entre los estudiantes) debe presentarse de la manera más real posible, apoyada por recursos (fotos, videos, diagramas, entre otros) que ayuden a crear la necesidad del aprendizaje (Velázquez & Figarella, 2018, p. 58). Con la situación motivadora se les asigna un rol a los estudiantes de manera que sientan un significado hacia la investigación de este. En esta investigación se implantó actividades STEM con estrategia de problematización, se presentaba una situación motivadora y se les asignó un rol. Sin embargo, sería bueno que se realizara una investigación sobre el aumento de la motivación de los estudiantes solo utilizando la estrategia de problematización en el curso. Que sean parte de un gran proyecto, y le encuentren un sentido a lo aprendido, los estudiantes no verán la clase de Física como una llena de retos intimidantes; sino que se creará una comunidad de aprendizaje trabajando para resolver un problema (incluyendo, a visión micro, los problemas matemáticos). Para esto, se sugiere que el acercamiento metodológico sea un estudio de caso, utilizando solo un grupo, durante un tema en específico (por ejemplo, en el curso de Física, el tema del espacio y diseño de ingeniería; o una secuencia introductoria como la naturaleza de la ciencia). Para ser más específico, se podría hacer un estudio de caso, tipo observacional. La observación de los participantes es el método primario de recopilar data para estudiar una entidad particular o algunos aspectos

de la entidad (sea una escuela o clases dentro de la escuela) (McMillan, 2008, p. 289). En el estudio de caso, McMillan (2008, p. 288) menciona que, usualmente, métodos cuantitativos y cualitativos se utilizan para la recopilación de datos. Aplicando esto a lo que indica Velázquez y Figarella (2018, p. 65) sobre la evaluación curricular en cuanto a la problematización, el proceso de recolección de impresiones de la experiencia vivida por todos los participantes debe servir para identificar sus logros, las áreas de fortaleza, y de desarrollo comunes, a cada audiencia. El mismo debe llevarse a cabo lo más cercano posible al final de la implantación del currículo centrado en la problematización (Velázquez & Figarella, 2018, p. 65). La evaluación y recopilación de datos según las investigadoras (2018) debe incluir:

1. Valor intrínseco: preguntar si creó conflicto cognitivo que promovió el análisis crítico entre los estudiantes y la integración de lo aprendido en sus vidas.
 - a. Para evaluar este valor se sugiere un grupo focal con los estudiantes al finalizar la implantación del currículo. De este grupo focal aprenderemos las contestaciones de los estudiantes y su opinión acerca de su experiencia con el proceso de aprendizaje. Debido a que se desea conocer acerca de la motivación en el curso de Física utilizando una estrategia en específico, las preguntas del grupo focal deben de ser redactadas alrededor de este problema inicial. Por otro lado, se les puede administrar un cuestionario a los

estudiantes con premisas relacionadas solo al problema en investigación dentro del plan del maestro.

2. Valor instrumental: qué tan efectivo fue el currículo en el aprendizaje de los estudiantes.

a. En esta evaluación es necesario administrar *assessments* durante el proceso. El assessment podría ser un informe oral, un proyecto investigativo, una entrevista a un experto, entre otros. Es importante que el maestro cree una rúbrica (que también los estudiantes tengan acceso) para evaluar este valor.

3. Valor comparativo: cómo, en comparación con otras estrategias, este currículo ayuda en el logro de las metas y objetivos propuestos.

a. El maestro debe de crear una rúbrica antes de la implementación de la problematización; la misma debe de tener redactados ítems relacionados a la efectividad del currículo, el cumplimiento de unas metas en específico, la motivación de los estudiantes en cuanto al tema y muestras y observaciones de aprendizaje efectivo de los estudiantes. Esta rúbrica la podría comparar con años anteriores, en los cuales utilizó otra estrategia. Además, podría crear una bitácora con preguntas específicas que lo ayuden a concentrarse en las observaciones pertinentes en cuanto a su investigación.

2. Otra posible investigación sería la perspectiva del estudiante en cuanto a su experiencia en actividades, proyectos o currículos enfocados en STEM durante los años de escuela superior.

- ✓ Para esta investigación se haría un estudio por encuesta, en donde en el cuestionario abrían ítems relacionados con la experiencia de los estudiantes que han trabajado con el enfoque STEM, cómo los ha ayudado dentro y fuera del salón de clases (en su diario vivir), cómo ayudó este enfoque a conceptualizar los aprendido en clase, cómo ayudó en su aprovechamiento académico y cómo los motivó a investigar sobre un tema en específico. También podría ser de interés conocer si el haber experimentado con actividades STEM durante sus años escolares influyó en su decisión de carrera universitaria. Se ha trabajado con este tema en investigaciones con participantes de los Estados Unidos (existe revisión de literatura confiable sobre este tema de investigación); sin embargo, en Puerto Rico no se ha encontrado investigación al respecto. La población con la cual se trabajaría serían estudiantes que trabajaron con el enfoque STEM durante sus años de escuela superior. Esto sería un estudio no experimental, cuantitativo. La investigación por encuesta es versátil en cuanto a su dirección al amplio estudio de actitudes, perspectivas, y creencias; y puede ser llevada a cabo por cuestionarios o entrevistas (McMillan, 2008, p. 204). Se sugiere que se mida por cuestionarios debido a la alta población de estudiantes que han trabajado con STEM durante sus años de escuela superior en Puerto Rico. Sería efectivo si se administra durante el segundo semestre de clases en su cuarto año

ya que, para ese entonces, los estudiantes pueden tener una opinión más clara de su experiencia con la educación con enfoque STEM. Este cuestionario podría ser tanto en papel, como por vías electrónicas. Unos parámetros de la población sería escoger estudiantes que hayan trabajado con STEM durante los grados 10, 11 y 12 (escuela superior). Sin embargo, no es necesario limitarse a solo escuelas parte del sistema público, sino escuelas privadas. Varios ejemplos de posibles escuelas serían: Escuela Superior University Gardens, Escuela Especializada en Ciencias y Matemáticas de San Juan, Escuela Superior de la Universidad de Puerto Rico, entre otras. Esta investigación podría ofrecer información valiosa sobre cómo STEM ayudó al estudiante en la solución de problema en eventos de la vida cotidiana, si le encontró utilidad a los proyectos y actividades STEM y si en general fue una experiencia enriquecedora para el estudiante como individuo en la sociedad.

Otra versión de esta misma investigación podría ser la implementación de un estudio por encuesta de carácter longitudinal. El mismo grupo de sujetos es estudiado a medida que pasa el tiempo (McMillan, 2008, p. 207). Sería de gran interés que se les administre este cuestionario a los mismos sujetos en grado 10, 11 y 12 para medir qué tanto han aplicado el enfoque en sus vidas al pasar de los grados.

3. Preparación y perspectivas del maestro en la implementación de la educación STEM en el curso de Ciencias

- ✓ Partiendo de lo observado en la investigación, y en los procesos de preparativos para la selección de las escuelas de los grupos control y experimental, se observó que muchos maestros de Ciencias (no solamente Física) tenían poca o ninguna preparación en la implementación de la educación con enfoque STEM. Por otro lado, había maestros que estaban sumamente preparados para hacer una implementación exitosa. No obstante, para que esta implantación demuestre cambios en el proceso de enseñanza/ aprendizaje el maestro tiene que ser capaz y tener las destrezas para implementar STEM en su salón de clases. Algunos maestros con los cuales se conversó antes de la investigación tenían confusiones, dudas y un concepto erróneo de lo que involucra la educación STEM. Por lo que se recomienda, como primer paso, conocer la preparación de los maestros en la implementación de la educación STEM y su perspectiva acerca de la educación STEM en general y en la implementación STEM en la población estudiantil que atienden. Muchos maestros desconocen sobre el enfoque, razón primordial por la cual no se preparan, otros piensan que no es adecuado para sus estudiantes (desconociendo qué realmente involucra este tipo de educación y las diferentes maneras que se puede implementar). Para esta primera fase, es importante conocer y descubrir la contestación de los maestros en cuanto a su preparación y perspectiva, y se recomienda recopilar esta información por medio de una investigación por encuesta. A muchos maestros se les hace difícil contestar un cuestionario durante horarios lectivos, por lo que se recomienda enviar un cuestionario electrónico. Las ventajas de un

cuestionario electrónico son: reducción de tiempo y dinero (de parte del investigador), acceso fácil, respuesta rápida y es mejor en cuanto a la entrada de respuestas en la base de datos (McMillan, 2008, p. 208). A base de estas contestaciones una posible fase 2 del estudio sería una certificación gratuita para los maestros por expertos en educación STEM. Como fase 3, se podría administrar otra encuesta para recopilar las experiencias de cada maestro en la certificación y el crecimiento y desarrollo de destrezas que han adquirido.

En conclusión, el estudio ayudó al crecimiento profesional de la investigadora. Se espera que, de igual manera, estos hallazgos ayuden al desarrollo profesional de los maestros en Ciencias, en especial el curso de Física, en el cual se pueden presentar muchos retos tanto para los maestros como para el estudiante. No obstante, la investigación se hizo para el bien de los estudiantes y para un aprendizaje más efectivo. A base de los hallazgos, se espera que los estudiantes obtengan una ganancia de conocimiento, no solo dentro del salón de clases sino en sus vidas. El estudio sobre otros enfoques, estrategias y técnicas son para el bien de los estudiantes; y se desea que esta investigación motive a otros investigadores a continuar con estudios que beneficien el desarrollo de la población estudiantil a ciudadanos dispuestos al progreso de su país.

Implementación en las escuelas del Departamento de Educación de Puerto Rico

La población con la que se trabajó fueron estudiantes de escuela pública secundaria en el curso de Física. Aunque no era parte de las características requeridas para la población de interés en este estudio, casualmente todos estaban en grado 12. Ambos grupos, experimental y control, se encontraban en el proceso de visitas a universidades,

orientaciones de carreras universitarias, administración de examen de admisión universitaria *College Board* y planificación de actividades escolares típicas de clase graduanda. Esto podía ocasionar en momentos un desequilibrio de atención en las tareas escolares. Como se ha mencionado, la clase de Física no es una atractiva para los estudiantes debido al método de enseñanza que utiliza el profesorado, o el temor a las ecuaciones matemáticas que involucra la materia. En este escenario, se añade la distracción de las actividades de último año escolar que tomaba para ellos mayor prioridad que los cursos escolares, como por ejemplo, el curso de Física.

El mayor reto fue crear actividades que los motivara a la exploración y conceptualización del curso de manera que su atención y enfoque estuviera completamente en las tareas a hacer; así aumentando la concentración en el contenido de la clase. Fue aquí en donde se consideró la problematización como el proceso ideal para el desarrollo conceptual. Tomando un problema real para los estudiantes (y uno cercano y significativo en sus vidas) se pudo trabajar los temas de movimiento cinemático. Esto ocasionó más concentración en lo discutido en clase, menos ansiedad ante las ecuaciones matemáticas del proceso y más motivación por aprender sobre los conceptos ya que estaban ligados a un problema específico: *En Puerto Rico, ¿se respetan los límites de velocidad en zonas escolares? ¿Se respetan estos límites en tu plantel escolar?* Se enfatizó en la localización de la escuela experimental (una con alta congestión de tránsito vehicular). Por tanto este problema causó una buena discusión socializada entre los estudiantes, con ejemplos reales que habían experimentado en los alrededores de su escuela y la precaución que tenían que tomar cuando finalizaba el día.

Partiendo de este problema se les presentó fotos, videos y noticias relacionadas a los límites de velocidad y qué podría ocurrir de desobedecerlos. Estos visuales eran sobre escuelas con el mismo problema que tenían los estudiantes en cuanto al tránsito en los alrededores de su plantel. Conocer sobre eventos que ya han ocurrido provocó más pertinencia en los estudiantes y la seriedad que tenía el aprendizaje de estos conceptos físicos en eventos cotidianos. Tomando estos casos reales se les hicieron las siguientes preguntas.

- Cómo investigador, ¿Cómo podrías aportar a la precaución vehicular para mantener la seguridad de los estudiantes de tu escuela?
 - ¿Cómo influye el tiempo transcurrido en la velocidad que puede tener un vehículo en una zona escolar? Tomando en consideración el tiempo de espera en luces de tránsito y símbolos de tránsito (como el PARE, CEDA, entre otros).
 - ¿Cómo podemos conocer si los vehículos que pasan por tu zona escolar tienen una velocidad adecuada, bajo lo que indica la ley 22 sobre la zona escolar, sin instrumentos sofisticados (o altamente tecnológicos) de medición?
 - ¿Qué conceptos físicos podrían influir en un vehículo que sobrepasa los límites establecidos por la ley en la zona escolar? Utilizando los conceptos físicos aprendidos, ¿Cuáles son las consecuencias?

A partir de esto, fue importante asignarles un rol a los estudiantes (embajadores de la seguridad de tránsito en zonas escolares) y hacerlos sentirse parte de la investigación durante todo el proceso. Tomando este rol, el trabajo del estudiante fue aprender sobre los conceptos físicos, y poder asociarlos en la vida real, tomando en consideración el problema principal y buscando una solución (o soluciones) hacia el mismo. Esto sería un trabajo que, como clase graduanda, podían aportar a su escuela. De esta manera se pudo partir de diferentes aspectos de sus vidas a lo que se intentaba enseñar en clase; igualmente aumentando la motivación, ya que el proceso de enseñanza fue más significativo. Del proceso de problematización se pudo atraer más a los estudiantes hacia el curso, su contenido y a la solución de problemas (cada actividad tenía un sub problema atado al problema principal de los límites de velocidad en zonas escolares). Además, fue siempre importante fortalecer esa motivación recordándoles su importancia en el estudio y la importancia que tenía su rol en la seguridad de tránsito en su escuela. Por otro lado, se considera que utilizando el proceso de problematización facilitó el desarrollo conceptual de los estudiantes ya que asimilaban constantemente los conceptos en clase con los problemas presentados en cada actividad.

A base de esta serie de actividades, y la profundidad con la que se trabajaron los conceptos, se presentó el segundo reto: los materiales utilizados en estas. Fue muy importante utilizar materiales caseros y de bajo costo. Esto, tomando en consideración la falta de accesibilidad que tienen los maestros a materiales didácticos. De querer emular las actividades, y el proceso de implementación, era importante utilizar materiales que todos los maestros tuvieran acceso y que económicamente fueran flexibles para obtener. Todas

las actividades de la implementación fueron desarrolladas con materiales reusables como: cartón, envases plásticos y papel. Entre los materiales de bajo costo se trabajó con: tijeras, pega, cinta adhesiva, gomas elásticas, reglas, lápices, cintas métricas, papel estraza, papel de construcción, pesas (en formas de unidades) y *foam*. Entre todas las actividades, los materiales tecnológicos utilizados fueron la calculadora (1 por grupo) y el celular para utilizar la aplicación *Google Scholar* (aplicación que ofrece sensores de medición de rapidez, velocidad y aceleración por medio del movimiento del celular). A base de la implementación exitosa de las actividades, utilizando materiales caseros y de bajo costo, se le puede comunicar a la comunidad educativa que el enfoque STEM puede ser integrado en el salón de clases con o sin materiales electrónicos más sofisticados. Y que su práctica dentro del salón de clases solo depende de materiales y objetos que los maestros pueden crear sin costo alguno y de manera sencilla, con herramientas que pueden tener disponible en sus hogares. Además, se puede aclarar la idea errónea de asociar el enfoque STEM con uno directamente a materiales atados a la robótica o exclusivamente a la tecnología.

Partiendo de esto, otra idea equivocada es asociar la práctica del enfoque STEM con solo actividades basadas en la Ciencia y en la Tecnología. Es importante aclarar que en las actividades se integraron todas las áreas de STEM simultáneamente (como el enfoque requiere). Un error en la práctica de la educación STEM, y en su implementación en el currículo, es la falta de integración de todas las áreas del enfoque (Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) a la vez. Es esencial que las materias sean integradas de manera sincronizada en la actividad (o actividades), de tal forma que se puedan desarrollar todas las destrezas que cada área puede ofrecer en el proceso de

enseñanza. García, Reyes y Burgos (2017, p.38) aclaran que es la integración de las asignaturas de tipo STEM lo que crea un efecto positivo en el logro de los estudiantes, y proporciona un aprendizaje de tipo activo centrado en el estudiante. Además, que las disciplinas pueden integrarse desde diferentes perspectivas: como un contenido, como un método o como un proceso (García, Reyes & Burgos, 2017, p.38). La educación con enfoque STEM correcta trabaja simultáneamente todas sus áreas de manera que se complementan una a la otra. A modo de ejemplo, señalan la elaboración de una clase donde Ciencia y Tecnología se integran de manera tal que la Tecnología, integrada como procesos, favorece la comprensión de contenidos científicos (García, Reyes & Burgos, 2017, p.39). Por otro lado, la Matemática es el lenguaje universal, por el cual se puede comunicar los resultados al resto de la comunidad y la Ingeniería tiene el rol importante de diseñar y construir a base de ese contenido científico enseñado.

Desde la perspectiva de las disciplinas STEM, las conexiones naturales entre la Ciencia, la Tecnología, la Ingeniería y las Matemáticas han hecho que se agrupen en una misma metodología (Glancy et al., 2013, citado en García, Reyes & Burgos, 2017, p. 39). Sin embargo, dentro del plantel escolar siguen siendo enseñadas de manera independiente. Es importante, que cada una de estas materias trabajen juntas en torno a una meta (cumpliendo en sí la práctica correcta del enfoque). Para efectos de esta investigación, todas las materias tuvieron un rol conjunto en las actividades de implementación. No obstante, es importante mencionar que solo se trabajó el enfoque STEM en el curso de Física, sin la intervención de maestros de otras áreas. Sin embargo, partiendo de este dato, se recomienda que los maestros de cada grado cumplan con una alineación al momento de

planificar, y que esta planificación sea una en conjunto y a la par. Por ejemplo, de la misma manera en que las materias asociadas a STEM trabajan unidas, otras materias pueden añadirse y aportar al proceso de aprendizaje del estudiante como lo son las Artes (para la estética del diseño de ingeniería), la Historia (para conocer el trasfondo histórico de los temas y su impacto mundial) y el Español (para la redacción coherente del informe del trabajo). Otros maestros que eduquen estas áreas pueden trabajar en conjunto para un proceso de enseñanza más profundo y el desarrollo de una comunidad de aprendizaje sólida. Es fundamental que los estudiantes tengan la oportunidad de reflexionar en torno a las distintas perspectivas disciplinares entre conceptos, mientras se enfrentan a los desafíos con énfasis en los problemas del mundo real (García, Reyes & Burgos, 2017, p.40).

A base de esto, es importante recordar que estas actividades deben ser basadas en la problematización para un mejor desarrollo conceptual. Sincronizar las actividades dentro del salón de clases con lo que en la actualidad sucede en el mundo, o en la vida inmediata de los estudiantes, es esencial y aumenta la motivación por aprender. No solo se apoya este proceso con los resultados y hallazgos obtenidos en esta investigación, sino que el Departamento de Educación de Puerto Rico apoya este tipo de enseñanza por medio de documentos desarrollados con el propósito de llevar a cabo un aprendizaje efectivo y afectivo dentro del salón de clases (como lo son los estándares y expectativas por grado, entre otros documentos creados para un óptimo proceso de enseñanza). La integración de las actividades debe de fluir acorde a lo que se enseña al momento, creando en los estudiantes una conceptualización completa. Además, estas actividades deben de surgir a tenor de los requisitos establecidos por el Departamento de Educación de manera que haya

una estructura y organización en la planificación. Mientras que el maestro puede utilizar varios procesos de enseñanza (que encuentre pertinente a la población estudiantil que atiende), es importante ver los documentos por el Departamento de Educación de Puerto Rico como guía y soporte del contenido que se ofrecerá en clase. Estos documentos son: las Tareas de desempeño, Herramienta de alineación curricular, Calendario de secuencia, Mapa curriculares y los Estándares y expectativas. Estos servirán como herramienta principal para la planificación de las actividades.

A partir de los resultados obtenidos en esta investigación las actividades, de la manera en que se planificaron (tomando en consideración todos los requisitos mencionados anteriormente), tuvieron un efecto en el desarrollo conceptual de los estudiantes, llevando a un mejor aprovechamiento académico. Es por esta razón que se recomienda la implementación de actividades similares basadas en el enfoque STEM en otras Ciencias y Matemáticas. No obstante es importante que se haga primero un estudio piloto antes de continuar la implementación. Por otro lado, el instrumento de medida (prueba de aprovechamiento) y el manual de actividades tienen que ser evaluados por expertos y pasar por entrevistas cognitivas. Se recomienda que este estudio piloto se realice primero con escuelas de la Oficina Regional Educativa de San Juan, específicamente escuelas parte del distrito San Juan II de manera que se pueda comenzar con un grupo pequeño. Esto permitirá la evaluación formativa del proceso, antes de implementar en otros distritos o regiones, ya que la transformación se dará paulatinamente.

De la misma manera que se va evaluando esta implementación, se trabaja con los maestros y su desarrollo profesional. La preparación del maestro en el enfoque STEM es muy importante, y va más allá que una certificación. Es esencial que el maestro conozca y planifique acorde a los procesos, destrezas y estrategias de enseñanza que el enfoque STEM representa (problematización, aprendizaje basados en proyectos y problemas, entre otros). Por otro lado, como se mencionó anteriormente, el maestro debe de tener un mentor que ayude en el proceso de la intervención y la producción de materiales didácticos necesarios y adecuados para la enseñanza del contenido dentro del salón de clases. Este desarrollo profesional debe de ser uno constante e ir a la par con los cambios que experimentamos como ciudadanos en la isla para así llevarlos al salón de clases.

REFERENCIAS

- Allen, C. D. (2016). *Toward equitable teaching and learning opportunities: An examination of STEM education reform implementation* (Número de Orden 10108776). Recuperado de ProQuest Dissertations & Theses Global. (1793670749).
- Álvarez, H.J. (2006). *Los hallazgos de las neurociencias y su aplicabilidad a la sala de clases: teoría y práctica*. San Juan, P.R. Ediciones Santillana.
- American Educational Research Association, American Psychological Association, & National Council on Measurement in Education (AERA, APA, NCME). (2014). *Standards for educational and psychological testing*. Washington, DC: American Educational Research Association.
- Australian Science Teachers Association (2015). A global approach to STEM education: ASTA science teachers exchange - Japan 2015 *Teaching Science*, 61(4),
Recuperado de:
<<http://search.informit.com.au/documentSummary;dn=267605177435865;res=IE>
LHSS> I
- Boe, J. A. (2010). *Strategies for Science, Technology, Engineering and Math in technology education* (Número de Orden 3420004). Recuperado de ProQuest Central; ProQuest Dissertations & Theses Global. (746773967).
<https://search.proquest.com/docview/746773967?accountid=44825>
- Bonilla, V. (2006). Confiabilidad. *INEVA en Acción*. 2(3), 1-3. Recuperado de:
<http://ineva.uprrp.edu/boletin/v0002n0003.pdf>

- Bosco, J. (2019). *Correlación biserial puntual - Psicometría con R*. R-Pubs. Recopilado de: https://rpubs.com/jboscomendoza/correlacion_biserial_puntual_r
- Bouwma-Gearhart, J., Perry, K. H., & Presley, J. B. (2014). Improving postsecondary STEM education: Strategies for successful interdisciplinary collaborations and brokering engagement with education research and theory. *Journal of College Science Teaching*, 44(1), 40-47. Recuperado de: <https://search.proquest.com/docview/1559079043?accountid=44825>
- Bybee, R. W. (2013) *El caso de la educación STEM: Retos y oportunidades* (Localización de Kindle 750-752). Arlington, VA; NSTA Press. Versión Kindle.
- Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM education: A 2020 vision. *Technology and engineering teacher*, 70(1), 30. Reston, VA.
- Bybee, R. W. (Ed.). (2004). *Evolution in perspective: The science teacher's compendium*. Arlington, VA. NSTA Press.
- Carter, V.R. (2013). *Defining characteristics of an integrated STEM curriculum in K-12 education*. (Número de orden 3566045). Recopilado de ProQuest Dissertations & Theses Global (1415893806). University of Arkansas.
- Dailey, D., Bunn, G. & Cotabish, A. (2015). Answering the Call to Improve STEM Education: A STEM Teacher Preparation Program. *Journal of the National Association for Alternative Certification*, 10(2), 3-16.
- Davis, M. (2015). *Administrators' perceptions of STEM education and their influence on classroom practices in Louisiana schools*. Recopilado de ProQuest Dissertations

and Theses database (1744831039). Louisiana Tech University.

Departamento de Educación (2019). Carta Circular 11-2019-2020. *Política pública sobre el procedimiento para radicar la solicitud de autorización para realizar investigaciones y sus fases relacionadas: la validación de instrumentos o pruebas piloto en el Departamento de Educación de Puerto Rico*. Recopilada de:

<http://intraedu.dde.pr/Cartas%20Circulares/CARTA%20CIRCULAR%2011-2019-2020.pdf?Mobile=1&Source=%2F%5Flayouts%2Fmobile%2Fview%2Easpx%3FList%3Dfc05824c%252Df373%252D4b77%252Dad1a%252D86b9bdf5b34e%26View%3D9ed2e7b2%252Dfcb7%252D47c9%252D9009%252D53ce22be01c5%26ViewMode%3DDetail%26CurrentPage%3D1>

Departamento de Educación (2018a). *Medición y evaluación para la transformación educativa* (META-PR Y META-PR ALTERNA) Recopilado de:

<http://www.de.pr.gov/meta-pr/Sobre-META-PR.html>

Departamento de Educación (2018b). *Perfil Escolar año académico 2017-2018*.

Recopilado de:

<http://www.estadisticas.pr/iepr/LinkClick.aspx?fileticket=r8kq8VcVkdQ%3D&tabid=186>

Departamento de Educación (2017a). Programa Starbase Puerto Rico. Recopilado de:

<http://intraedu.dde.pr/Comunicados%20Oficiales/201705032023.pdf>

Departamento de Educación (2017b). Carta Circular 13-2016-2017. *Política pública sobre la organización y oferta curricular del Programa de Ciencias para las Escuelas de la Comunidad Primarias y Secundarias del Departamento de Educación de Puerto Rico*. Recopilado de: https://www.de.pr.gov/wp-content/uploads/2017/08/SERIE_A_400.pdf

Departamento de Educación (2016a). Marco Curricular Área de Ciencias. *En ruta hacia la construcción de un Nuevo paradigma educativo formando ciudadanos que saben, saben hacer, saber ser y saben convivir*. Última revisión, 2016. Junta editor Román, R. (Secretario al momento), Valentín, H., Vargas, M. & Haddock, D.

Departamento de Educación (2016b). Carta Circular 4-2016-2017. *Política pública sobre normas y procedimientos para la evaluación del aprovechamiento y crecimiento académico estudiantil y para la promoción de los estudiantes del sistema educativo escolar*. Recopilada de: <http://intraedu.dde.pr/Cartas%20Circulares/04-2016-2017.pdf>

Departamento de educación (2014a). Planilla de especificaciones de META-PR. *Final blueprint-Science Grade 11*. Recopilado de: <http://profeicalderon.blogspot.com/2017/02/planillas-de-especificaciones.html>

Departamento de Educación (2014b). *Estándares de Contenido y Expectativas de Grado: En ruta hacia la construcción de un nuevo paradigma educativo*. Recopilado de: <https://es.slideshare.net/marisolmartinezvega/estandares-de-ciencias2014>

- Departamento de Educación (2014c). Carta Circular 13-2014-2015, *Directrices y disposiciones para radicar la solicitud de autorización para realizar investigaciones y sus fases relacionadas: la validación de instrumentos o pruebas piloto en el departamento de educación de Puerto Rico*. Recopilado de: <http://intraedu.dde.pr/Cartas%20Circulares/13-2014-2015.pdf>
- Emanuel, E., Abdoler, E., & Stunkel, L. (2010). Research ethics: How to treat people who participate in research. *National Institutes of Health (NIH) Clinical Center Department of Bioethics and Foundation for the NIH*. Bethesda, MD. Recopilado de: https://bioethics.nih.gov/education/FNIH_BioethicsBrochure_WEB.PDF
- English, L. D. (2016). STEM education K-12: Perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 1-8. doi: <http://dx.doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1>
- Erdogan, N. & Stuessy, C. (2015). Examining the Role of Inclusive STEM Schools in the College and Career Readiness of Students in the United States: A Multi-Group Analysis on the Outcome of Student Achievement. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 15(6), 1517-1529. Doi: 10.12738/estp.2016.1.0072
- Erdogan, N., Corlu, M. S., & Capraro, R. M. (2013). Defining innovation literacy: Do robotics programs help students develop innovation literacy skills? *International Online Journal of Educational Sciences*, 5(1), 1-9.
- Estépar García, W. (2012). *El assessment del aprendizaje estudiantil como parte de los requisitos de acreditación: la percepción del profesorado*. Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras.

- Fan, S. C., & Yu, K. C. (2015). How an integrative STEM curriculum can benefit students in engineering design practices. *International Journal of Technology and Design Education*, 27(1), 107-129.
- Field, A. P. (2009). *Discovering statistics using SPSS* (2nd ed.). London; Thousand Oaks, California. Sage Publications.
- Freeman, S. et al. (2014). Is it the intervention or the students? Using linear regression to control for student characteristics in undergraduate STEM education research. *CBE—Life Sciences Education*, 13(1), 41-48.
- García, Y., Reyes, D., & Burgos, F. (2017). Actividades STEM en la formación inicial de profesores: nuevos enfoques didácticos para los desafíos del siglo XXI. *Diálogos educativos*, (33), 35-46.
- Giancoli, D. C. (2005). *Describing motion: Kinetics in one dimension*, Physics: Principles with applications 6(1) 19-25. Pearson Education, Hoboken, NJ.
- Gliem, J. A., & Gliem, R. R. (2003). *Calculating, interpreting, and reporting Cronbach's alpha reliability coefficient for Likert-type scales*. Midwest Research-to-Practice Conference in Adult, Continuing, and Community Education. Recopilado de: <https://scholarworks.iupui.edu/bitstream/handle/1805/344/Gliem%20%26%20Gliem.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Google Science Journal (2017). *Experiments*. With Google. Recopilado de: <https://sciencejournal.withgoogle.com/experiments/>
- Han, S., Capraro, R. M., & Capraro, M. M. (2014). How science, technology, engineering, and mathematics (STEM) project based learning (PBL) affects high,

middle, and low achievers differently: The impact of student factors on achievement. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13 (5), 1089-1113.

Han, S, Rosli, R., Capraro, M. M., & Capraro, R. M. (2016). The effect of science, technology, engineering and mathematics (STEM) project based learning (PBL) on students' achievement in four mathematics topics. *Journal of Turkish Science Education*, 13(1), 3.

Haussler, P., & Hoffmann, L. (2000). A curricular frame for physics education: Development, comparison with students' interests, and impact on students' achievement and self-concept. *Science Education*, 84(6), 689-705. Recopilado de <https://search.proquest.com/docview/194943965?accountid=44825>

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2003). Capítulo 7: Concepción o elección del diseño de investigación, *Metodología de la investigación*. 707(1), 157-269., Nuevo México, México. McGraw-Hill.

Hinkle, D. E., Wiersma, W., & Jurs, S. G. (1994). *Applied statistics for the behavioral sciences* (3rd ed.). Boston: Houghton Mifflin.

International Science Teaching Foundation (2015, Junio 22). *Creating Teachable Moments with Rodger Bybee*. Recuperado de:

<https://www.youtube.com/watch?v=boAnWl3vu3Y>

IBM (2018a). *Significant interaction in ANOVA: how to obtain a Simple Effects Test*.

Recopilado de: <https://www.ibm.com/support/pages/significant-interaction-anova-how-obtain-simple-effects-test>

IBM (2018b). *Sum of Squares*. Recopilado de:

https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/SSLVMB_24.0.0/spss/common/glm_general_factorial_sum_of_squares.html

IBM (2019). *Statistical Package for the Social Sciences*. Recopilado de:

<https://www.ibm.com/analytics/spss-statistics-software>

Instituto de Política Educativa para el Desarrollo Comunitario (IPEDco) (2012). *Perfil del Estudiante Graduado de Escuela Superior de Puerto Rico*. Recuperado de:

<http://intraedu.dde.pr/Planificacion%20Curricular/Adquisici%C3%B3n%20de%20la%20Lengua/Anejos%20generales/Afiche%20Perfil%20Estudiante.pdf>

Johnson, R. (Robert) & Christensen, Larry B. (2016). *Educational Research:*

Quantitative, Qualitative, and Mixed Approaches. SAGE Publications. Kindle Edition.

Joint Committee on Standards for Educational Evaluation (2017). *Program Evaluation*

Standards Statements. Recopilado de: <http://www.jcsee.org/program-evaluation-standards-statementsMetodos>

Jones, V. R. (2016). Critical thinking exercises for healthy STEM learning. *Children's*

Technology and Engineering, 20(4), 23-25. Recopilado de:

<https://search.proquest.com/docview/1788571319?accountid=44825>

King, B. M., & Minium, E. W. (2008). *Statistical reasoning in the behavioral sciences*

(5ta ed.). Hoboken, NJ. Wiley.

Ley Pública 114-59. H.R. 1020, STEM Education Act of 2015. *Congreso de los Estados*

Unidos, Octubre 7, 2015. Recopilado de:

<https://www.congress.gov/114/plaws/publ59/PLAW-114publ59.pdf>

Lynch, S. J., Behrend, T., Burton, E. P., & Means, B. (2013, April). Inclusive STEM-focused high schools: STEM education policy and opportunity structures.

In annual conference of National Association for Research in Science Teaching (NARST), Rio Grande, Puerto Rico. Recopilado de:

https://www.sri.com/sites/default/files/publications/inclusive_stem-focused_high_schools-stem_education_policy_and_opportunity_structures.pdf

López Alicea, K. (2016). Puerto Rico reprueba en educación. *El Nuevo Día*, Recuperado de:

<https://www.elnuevodia.com/noticias/locales/nota/puertoricorepruebaeducacion-2269724/>

Mativo, J., & Wicklein, R. (2011). Learning effects of design strategies on high school students. *Journal of STEM Teacher Education*, 48(3), 8.

McClennahan Banks, C. (2013). *STEM: Integrative instructional strategies used by effective teachers in North Carolina*. Recopilado de ProQuest Dissertation and Theses database (1429805122). Capella University

McDonald, C. V. (2016). STEM education: A review of the contribution of the disciplines of science, technology, engineering, and mathematics. *Science Education International*, 27(4), 530-569.

McMillan, J.H. (2008). *Educational research: Fundamentals for the consumer* (5ta ed.). Boston, MA: Pearson Education, Inc.

Means, B., House, A., Young, V., Wang, H., & Lynch, S. (2013). Expanding access to

STEM-focused education: What are the effects? In *NARST 86th Annual Conference. Rio Grande, Puerto Rico: National Association for Research in Science Teaching. 1(1)*, 2014.

Means, B., Young, V., House, A. & Lynch, S.J., (2011). *The Effectiveness of inclusive STEM schools at scale: A Multi-state, longitudinal, quasi-experiment*. Propuesta para NSF DR-K12. Recopilado de:

https://www.nsf.gov/awardsearch/showAward?AWD_ID=1118993

Medina, M.R. & Verdejo, A.L. (2001). *Evaluación del aprendizaje estudiantil*. San Juan, PR. Isla Negra Editores.

Messick, S. (1995). Standards of validity and the validity of standards in performance assessment. *Educational measurement: Issues and practice*, 14(4), 5-8.

Meza Castante, L. (2003). El paradigma positivista y la concepción dialéctica del conocimiento. *Revista Digital: Matemática, Educación e Internet*, 4(2) p.1-5.

Ortiz J.R., 1993. *Paradigmas de la investigación*. Círculo de Estudio de San Bernardino de la Universidad Nacional Abierta. Recopilado de:

<https://es.scribd.com/document/245717402/Ortiz-J-R-2000-Paradigmas-de-la-Investigacion-UNA-documenta-14-1-42-48-enero-junio>

Prentiss Bennett, J.M. (2016). *An investigation of elementary teachers' self-efficacy for teaching integrated Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM Education)*. Recopilado de ProQuest Dissertations and Theses database (Order No. 10137835). Regent University.

- Pacheco, M. A., & Salcedo, M. R. (2012). Implementación y aplicación de la estrategia ECA para desarrollar la destreza básica de pensamiento 'comparación'. *Revista Ciencias Básicas Bolivarianas Universidad Simón Bolívar*, 13, 9-26.
- Popham, W. J. (2001). *The truth about testing: An educator's call to action*. Alexandria, VA. Association for Supervision and Curriculum Development.
- Ramos, C. A. (2017). Los paradigmas de la investigación científica. *Avances en Psicología*, 23(1), 9-17.
- Rivas, O. A., & Turull, C. (2005). *La enseñanza de la ciencia en los niveles elemental y secundario*. Puerto Rico. First Book Publishing of P.R.
- Rivera, R. (2016). Transición del estudiante con diversidad funcional de la escuela secundaria a la universidad. *Revista Griot (Etapa IV-Colección completa)*, 8(1), 24-41.
- Ross, J. A., & Hogaboam-Gray, A. (1998). Integrating Mathematics, Science, and Technology: effects on students. *International Journal of Science Education*, 20(9), 1119-1135.
- Schmidt, K. M., & Kelter, P. (2017). Science fairs: A qualitative study of their impact on student science inquiry learning and attitudes toward STEM. *Science Educator*, 25(2), p. 126-132. Recuperado de:
<https://search.proquest.com/docview/1865491855?accountid=44825>

Scott, C. (2012). An investigation of science, technology, engineering and mathematics (STEM) focused high schools in the U.S. *Journal of STEM Education*, 13 (5) 1-6.

Statistical Solution (2019). *Intellectus Statistics*. Encontrado en:

<https://www.statisticssolutions.com/intellectus/>

Statistical Solution (2019). *Conduct and Interpret a Point-Biserial Correlation*.

Recopilado en: <https://www.statisticssolutions.com/point-biserial-correlation/>

Stohlmann, M., Moore, T. J., & Roehrig, G. H. (2012). Considerations for teaching integrated STEM education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 2(1), 4.

Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2013). *Using multivariate statistics* (6th ed.). Boston: Pearson Education.

Tolliver, E.R. (2016). *The effect of science, technology, engineering and mathematics (stem) education on elementary student achievement in urban schools*. Recopilado de ProQuest Dissertations and Theses database (1850520458). Grand Canyon University.

Triola, M. F., & Pineda Ayala, L. (2013). *Estadística: Actualización tecnológica* (11va. ed.). México: Pearson Educación.

Trowbridge, L. W., Bybee, R. W., & Carlson-Powell, J. (2000). *Teaching secondary school science: Strategies for developing scientific literacy*. Upper Saddle River,

N.J: Merrill.

- Velázquez, L. & Figarella, F. (2018). *La problematización en el aprendizaje: tres estrategias para la creación de un currículo auténtico*. San Juan, PR. Isla Negra
- Velázquez, L., Figarella, F. & Clark, L. (2016). *La aventura del currículo auténtico*. San Juan, Puerto Rico: Zoom IDEAL. Cooperativa Educativa para a Reinención y la Acción.
- Villareal, M., Lobo, H., Gutiérrez, G., Briceño, J., Rosario, J., & Díaz, J. (2005). La enseñanza de la Física frente al nuevo milenio. *Universidad de los Andes. Núcleo Rafael Rangel. Academia*, 4(8), 2-5.
- Weimer, R. C. (2003). Estadística. *Estadística descriptiva*. 5ta edición. México DF.
- Williams, C., Stanisstreet, M., Spall, K., Boyes, E., & Dickson, D. (2003). Why aren't secondary students interested in physics? *Physics Education*, 38(4), p.324.
- Yepes, R. L. G. (2010). Calidad educativa: más que resultados en pruebas estandarizadas. *Revista educación y pedagogía*, 16(38), 75-89.
- Yildirim, B., & Selvi, M. (2017). An experimental research on effects of STEM applications and mastery learning. *Journal of Theory and Practice in Education*, 13(2), 183-210.

APÉNDICE A

TABULACIÓN DE REVISIÓN DE EXPERTOS



Universidad de Puerto Rico
 Recinto de Río Piedras
 Facultad de Educación
 Departamento de Estudios Graduados

Tabulación de evaluación de ítems del instrumento por parte de los expertos

La tabla fue construida a base de los comentarios y sugerencias de los expertos por ítem individual de la prueba de aprovechamiento.

Ítem	Objetivo alineado al ítem (Sí o No)	Relevancia con los objetivos			Claridad en la redacción		Hay correspondencia entre la premisa y las alternativas			Vocabulario apropiado para los participantes (Sí o No)	Contenido apropiado para contestar el ítem (Sí o No)	Comentarios o recomendaciones
		Poca (1)	Moderada (2)	Mucha (3)	Clara (2)	Confusa (1)	Poca (1)	Moderada (2)	Mucha (3)			
1	Sí 100%			100%	86%	14%		14%	86%	Sí 100%	Sí 100%	
2	Sí 100%			100%	57%	43%		43%	57%	Sí 100%	Sí 100%	*
3	Sí 100%			100%	100%				100%	Sí 100%	Sí 100%	
4	Sí 100%		14%	86%	57%	43%			100%	Sí 100%	Sí 100%	
5	Sí 100%			100%	14%	86%	14%	29%	57%	Sí 100%	Sí 100%	*
6	Sí 100%			100%	86%	14%		14%	86%	Sí 100%	Sí 83% No 17%	
7	Sí 100%			100%	100%				100%	Sí 100%	Sí 100%	
8	Sí 100%			100%	71%	29%		29%	71%	Sí 100%	Sí 100%	
9	Sí 100%			100%	14%	86%	14%	14%	72%	Sí 100%	Sí 100%	*
10	Sí 100%			100%	14%	86%	14%	14%	72%	Sí 100%	Sí 100%	
11	Sí 100%			100%	43%	57%			100%	Sí (83%) No (17%)	Sí 100%	
12	Sí 100%			100%	71%	29%			100%	Sí 100%	Sí (67%) No (33%)	
13	Sí 100%			100%	86%	14%			100%	Sí 100%	Sí 100%	
14	Sí 100%			100%	71%	29%			100%	Sí 100%	Sí 100%	
15	Sí 100%			100%	100%				100%	Sí 100%	Sí 100%	
16	Sí 100%			100%	86%	14%			100%	Sí 100%	Sí 100%	

17	<i>Sí 100%</i>			<i>100%</i>	<i>100%</i>				<i>100%</i>	<i>Sí 100%</i>	<i>Sí 100%</i>	
18	<i>Sí 100%</i>			<i>100%</i>	<i>100%</i>				<i>100%</i>	<i>Sí 100%</i>	<i>Sí 100%</i>	
19	<i>Sí 100%</i>			<i>100%</i>	<i>86%</i>	<i>14%</i>			<i>100%</i>	<i>Sí 100%</i>	<i>Sí 100%</i>	
20	<i>Sí 100%</i>			<i>100%</i>	<i>100%</i>				<i>100%</i>	<i>Sí 100%</i>	<i>Sí 100%</i>	

* En los ítems con asteriscos en la columna de comentarios, los expertos todos acordaron que el ítem necesitaba ser revisado en cuanto a la redacción y organización.

APÉNDICE B

PRUEBA FINALIZADA



Universidad de Puerto Rico
Recinto de Río Piedras
Facultad de Educación
Departamento de Estudios Graduados

**Prueba de aprovechamiento académico sobre los conceptos de velocidad,
rapidez y aceleración**

(Gilemi del Mar Sepúlveda Cuadrado, 2019)

Estudiante: _____ Fecha: _____

Escuela: _____ Grado: _____

El propósito de esta prueba es determinar el aprovechamiento académico de los estudiantes sobre los conceptos de velocidad, rapidez y aceleración en el curso de Física. Esta prueba incluye 25 preguntas.

Para cada una de las partes, por favor lee las instrucciones específicas para entender cómo responder a las preguntas. Se entregará una **hoja de contestaciones** en la cual, de acuerdo con las instrucciones específicas, escribirás la contestación a cada ítem. Para cada ítem solo hay una respuesta correcta. Habrá disponible papel en blanco y cuadriculado, de necesitarlo para efectuar cualquier cálculo. Es importante que, de utilizar papel adicional, debes identificarlo con tu nombre y engraparlo junto con tu hoja de contestaciones. Se permite utilizar la calculadora.

De surgir alguna duda en cuanto a las preguntas de la prueba, debes de alzar la mano y preguntar a la investigadora (antes o durante la administración de la prueba). No debes olvidar escribir tu nombre y la fecha en la prueba y la hoja de contestaciones. Para contestar tienes 60 minutos.

¡Muchas gracias por su colaboración!

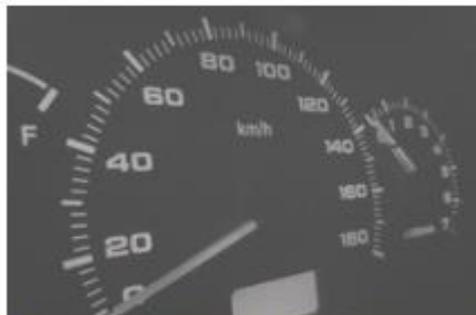
Universidad de Puerto Rico
Recinto de Río Piedras
Facultad de Educación
Departamento de Estudios Graduados

**Prueba de aprovechamiento académico sobre los conceptos de velocidad,
rapidez y aceleración**

Parte A.

Las preguntas que aparecen continuación tienen cuatro alternativas, donde solo una es la correcta. En la hoja de contestaciones, escribe la letra seleccionada en el espacio vacío correspondiente al número de la pregunta.

1. ¿Qué cantidad física, de carácter cinemático, indica el instrumento de la imagen inferior?



El instrumento en esta imagen lo puedes identificar en tu carro o el de un familiar.

- a. Distancia
- b. Desplazamiento
- c. Rapidez
- d. Aceleración

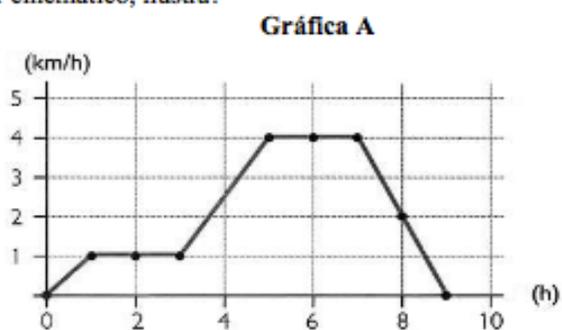
2. En ambos, la rapidez y la velocidad, es importante el factor del tiempo. Además del tiempo, ¿Qué es necesario para obtener la velocidad de un objeto en movimiento?
- Distancia
 - Desplazamiento
 - Rapidez
 - Aceleración
3. Una estudiante impulsa un carrito por una pista recta (sin curvas). Al finalizar, recopiló que su trayectoria de *7 metros* tuvo una duración de 3 segundos. ¿Cuál fue la rapidez del carrito, al finalizar su travesía, en *metros/segundo*?
- 2.34
 - 2.33
 - 2.31
 - 2.30
4. Supongamos que una estudiante camina en dirección al baño, y te interesa medir la magnitud de su velocidad. En su caminata de regreso al salón, el estudiante se detiene a mitad del pasillo. Al observar los datos recopilados, la distancia recorrida fue de *40 metros* y su desplazamiento fue de *20 metros* en *15 segundos*. Con los datos obtenidos, ¿Cuál fue la magnitud de la velocidad promedio de la estudiante en *metros/segundos*?
- 2.7
 - 1.3
 - 0.8
 - 0.4



5. ¿Cuál de los siguientes conceptos de movimiento cinemático se clasifica como una cantidad vectorial?
- Distancia
 - Tiempo
 - Rapidez
 - Velocidad

6. Utilizando sensores de movimiento, se obtiene que la aceleración que tuvo un vehículo partiendo del reposo fue de 10m/s^2 en 3 *segundos*. Se olvidó anotar la velocidad que tuvo el vehículo en su recorrido. Con los datos recopilados, ¿cuál fue la velocidad final que tuvo el carrito en *metros/segundos*?
- 30
 - 3.3
 - 3.0
 - 0.3
7. De acuerdo con las unidades de medidas identificadas en la gráfica A, ¿Qué cantidad física, de carácter cinemático, ilustra?

- Distancia
- Desplazamiento
- Velocidad
- Aceleración

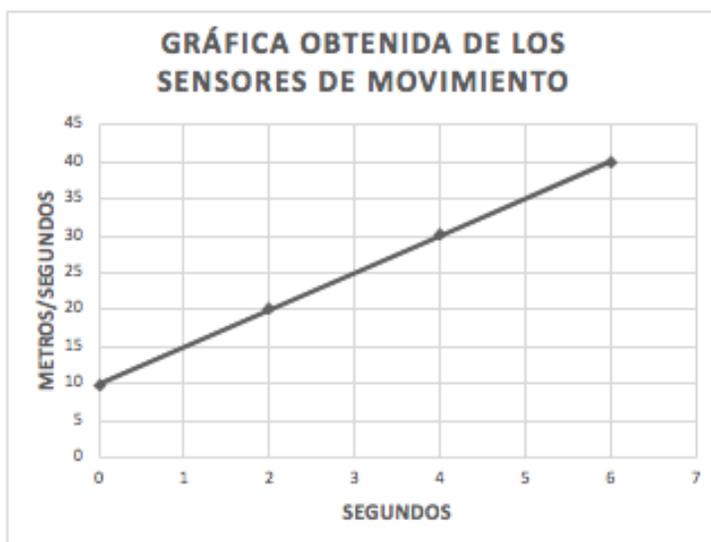


Parte B.

En las siguientes preguntas se hará referencia a la gráfica presentada. En cada una de las preguntas hay cuatro alternativas, de las cuales solo una es la correcta. En la hoja de contestaciones escribe la letra (de esta alternativa) en el espacio correspondiente.

Utiliza la información de la siguiente gráfica para responder las preguntas 8, 9 y 10.

Se obtiene la siguiente gráfica del movimiento de un objeto titulada *Gráfica obtenida de los sensores de movimiento*.



8. ¿Cuál es la cantidad física, de carácter cinemático, que se mide en la gráfica?
- Distancia
 - Desplazamiento
 - Velocidad
 - Aceleración

9. De acuerdo a la gráfica, observamos que mientras más pasan los segundos, mayor es la magnitud del objeto. ¿Cuál es la aceleración en *metros/segundos al cuadrado* del objeto en 3 *segundos*, si la velocidad en 0 segundos es 10 *metros/segundos*?
- 8.9
 - 8.7
 - 8.5
 - 8.3
10. De acuerdo a la gráfica, observamos que mientras más pasan los segundos, mayor es la magnitud del objeto. ¿Cuál es la aceleración en *metros/segundos al cuadrado* del objeto en el segundo 6, si la velocidad en 0 segundos es de 10 *metros/segundos*?
- 6.9
 - 6.8
 - 6.7
 - 6.6

Parte C.

Identifica cada una de las siguientes aseveraciones como Cierta o Falsa. Para las premisas que son **Ciertas** debes de escribir una **C** y para las premisas que son **Falsas**, debes de escribir una **F**, en la hoja de contestaciones. Justifica tanto las respuestas Ciertas como las Falsas igualmente en la hoja de contestaciones. Es esencial que escribas tu respuesta de forma legible.

- La magnitud de la aceleración debido a la fuerza gravitacional ($g = 9.80\text{m/s}^2$) es constante para todos los lugares de nuestro planeta Tierra.
- Sería adecuado declarar que el tiempo pasa “rápido” por su cantidad de carácter vectorial.
- Si un carro en una pista de carrera alcanza una mayor velocidad instantánea que un carro contrincante (ambos comenzando desde reposo), en el mismo intervalo de tiempo, ganará la carrera.

Parte D.

A continuación, se encuentra un ejercicio relacionado con el tema de aceleración. Tienes espacio para realizar el proceso en la hoja de contestaciones. No obstante, de necesitarlo, habrá disponible papel en blanco para elaborar los cálculos. Escribe el proceso y la respuesta en la hoja de contestaciones.

14. Una estudiante que viaja desde su casa a su escuela en bicicleta alcanza una velocidad máxima de 54 *kilómetros/hora* en 2 *segundos*. ¿Cuál es la aceleración del estudiante en *metros/segundos* al cuadrado tomando en consideración que la velocidad inicial es 0 *segundos*? (1km=1000m y 1h=3600s)

Parte E.

Por cada material informativo hay tres preguntas para contestar de manera breve. Cada ejercicio tiene instrucciones individuales, debes de leer bien cada una. **Importante:** Escribe en la hoja de contestaciones el proceso y la respuesta.

Ejercicio I. (pregunta 15-17)

La tabla que aparece a continuación indica el tiempo y la posición recorrida de una bola en una pista diseñada por estudiantes de la clase de Física de una escuela en San Juan.

Dato	Tiempo (s)	Posición (cm)
1	1	20
2	3	40
3	5	60
4	7	80
5	9	90

Con los datos recopilados construye una gráfica considerando lo siguiente.

- Ubicar los datos correspondientes en el eje de x y y , correctamente, identificando la variable dependiente e independiente.
- Identificar cada eje con la unidad de medida correspondiente a los datos que te ofrece la tabla.
- Trazar la gráfica (unir los puntos de los datos ofrecidos) que exprese posición vs. tiempo tomando en consideración los datos que te ofrece la tabla.

Ejercicio II. (preguntas 18-20)

La tabla que aparece a continuación indica el tiempo y la posición recorrida de una bola en una pista diseñada por estudiantes de la clase de Física de una escuela en San Juan.

Dato	Tiempo (s)	Desplazamiento (m)	Velocidad (m/s)
1	0.1	0	
2	0.2	10	
3	0.5	25	
4	0.7	30	

Con los datos recopilados construye una gráfica tomando en consideración los siguientes aspectos:

18. Calcular la velocidad del carrito en cada segundo.
19. Ubicar los datos correspondientes en el eje de x y y correctamente.
20. Trazar la gráfica que exprese desplazamiento vs. tiempo tomando en consideración los datos que te ofrece la tabla.

¡Gracias nuevamente por tu participación!

APÉNDICE C
PERMISO DEL CIPSHI

Universidad de
Puerto Rico

COMITÉ INSTITUCIONAL PARA LA PROTECCIÓN DE LOS SERES HUMANOS
EN LA INVESTIGACIÓN (CIPSHI)
IRB 00000944

cipshi.degi@upr.edu - <http://graduados.uprp.edu/cipshi>

AUTORIZACIÓN DEL PROTOCOLO

Número del protocolo: 1819-208

Título del protocolo: Efectos del Enfoque STEM en el Aprovechamiento Académico del Curso de Física de Escuela Secundaria

Investigador: Gilemi del Mar Sepúlveda Cuadrado

Tipo de revisión: Inicial Renovación Modificación

Evaluación: Comité en pleno
 Revisión expedita:
Categoría(s) expedita 45 CFR §46.110: 7

Fecha de la autorización: 8 de agosto de 2019

Además, el CIPSHI:

- Concedió la **dispensa** solicitada para modificar el procedimiento estándar de toma de consentimiento informado.

Cualquier modificación posterior a esta autorización requerirá la consideración y reautorización del CIPSHI. Además, debe notificar cualquier incidente adverso o no anticipado que implique a los sujetos o participantes. Al finalizar la investigación, envíe el formulario de Notificación de Terminación de Protocolo.

Decanato de
Estudios Graduados
e Investigación

16 Ave. Universidad STE 1801
San Juan PR 00925-2512

787-764-0000
Ext. 86700
Fax 787-763-6011

Página electrónica:
<http://graduados.uprp.edu>


Yarimar Rosa Rodríguez, Ph.D.
Presidenta del CIPSHI o
representante autorizado

APÉNDICE D

HOJAS DE CONSENTIMIENTO Y ASENTIMIENTO



DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS GRADUADOS
UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO, RECINTO DE RÍO PIEDRAS, FACULTAD DE EDUCACIÓN



HOJA DE ASENTIMIENTO INFORMADO

Efectos del enfoque STEM en el aprovechamiento académico en el curso de Física de escuela secundaria

Descripción

Estás invitado a participar en la investigación *Efectos del enfoque STEM en el aprovechamiento académico del curso de Física de escuela secundaria*. Esta investigación es realizada por Gileni del Mar Sepúlveda Cuadrado, estudiante graduada de la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras, del programa de Maestría en Educación con especialidad en Investigación y Evaluación Educativa (INEVA). La misma estudia el efecto del enfoque STEM en el aprovechamiento académico de los estudiantes del curso de Física secundaria. El enfoque STEM integra de manera conjunta las cuatro materias: Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas. Principalmente, STEM es un acrónimo para las siglas en inglés de *Science, Technology, Engineering y Mathematics*, creado como un fenómeno social, que finalmente termina convirtiéndose en un enfoque educativo. El propósito de la investigación es implementar la educación con enfoque STEM dentro del salón de clases para así estimular el pensamiento científico y desarrollo conceptual, simultáneamente impulsando el aprovechamiento académico en la clase de Física. La integración del enfoque STEM dentro del salón de clases tiene una duración de 4 semanas, en las cuales una vez a la semana se integrará al currículo una actividad STEM. Como parte de esta investigación, se les estará administrando una pre prueba antes de la intervención y una post prueba al concluir. La pre y post prueba estarán compuestas por conceptos específicos asociados al constructo del estudio: aprovechamiento académico de los estudiantes en el curso de Física, bajo la instrucción con un enfoque STEM. Estos conceptos son: aceleración, desplazamiento, dirección, distancia, cantidad escalar y vectorial, magnitud, punto de referencia, rapidez, resultante y velocidad. Toda la intervención tendrá una duración total de 4 semanas (actividades con enfoque STEM) y 2 días (administración de pre y post prueba). La investigadora estará presente durante las actividades y la administración de la pre y post prueba.

Tú, y tus compañeros y compañeras del curso, son invitados para participar en esta investigación porque actualmente están cursando la clase de Física secundaria. Se espera que en este estudio participen grupos típicamente de 20 a 40 estudiantes. Sin embargo, esto dependerá de la composición del grupo control y experimental seleccionados.

Si accedes a participar en esta investigación, estarás accediendo a tomar la pre y pos prueba. Las puntuaciones obtenidas en la pre y post prueba serán utilizadas para la recopilación de datos de la investigadora (como datos para la evidencia estadística del efecto del enfoque, de haber alguna) y no para nota del curso. Además, das permiso a tu maestro a hacer apuntes en su bitácora sobre las diferentes reacciones observadas en clases en torno a la implementación de STEM (ya sean comentarios, sugerencias de parte de los estudiantes, expresiones acerca las actividades, entre otros). Estos datos, serán para uso estrictamente investigativo, y tu identidad y la de tus compañeros no será revelada a personas



ajenas a la investigación. Las actividades a ofrecerse serán parte del curso de Física. Sin embargo, las puntuaciones obtenidas en las pruebas no serán utilizadas para la calificación del curso.

De no querer ser parte de la investigación, serás parte de las actividades de la intervención, pero no tomarás la pre y pos prueba. Mientras se esté administrando la pre y post prueba a aquellos que aceptaron, los estudiantes que no acepten estará realizando una tarea sustituta (sin puntuación) con el mismo contenido de las actividades a realizar (contenido del curso). La tarea sustituta será asignada por la maestra/o, asegurándose que los participantes no pierdan material del curso.

No habrá riesgos físicos en esta investigación. Pudiese sentir cansancio por la extensión de las actividades o la pre y post prueba. Esta investigación no conlleva beneficios directos para los participantes.

Confidencialidad

Tu identidad será protegida en todo momento y tu nombre no será expuesto en el estudio. Todos los participantes tendrán un pseudónimo, en este caso un número al azar. La información o datos que puedan identificarte directa o indirectamente serán manejados confidencialmente entre tu maestro o maestra, la investigadora y su director de tesis (solo para efectos del proceso de análisis). Entre los documentos trabajados de manera confidencial se incluyen las hojas de consentimiento y asentimiento recopiladas. Tus compañeros no tendrán acceso a tus datos, y la maestra o maestro no utilizará tus puntuaciones de la prueba como requisito de evaluación para el curso.

Todos los documentos, materiales o datos de la investigación serán almacenados en un lugar seguro y bajo llave. Al culminar la investigación, las hojas de consentimiento de los padres, las hojas de asentimiento de los estudiantes, las hojas de aprovechamiento y la bitácora del maestro tendrán un tiempo de conservación de 3 años, a manos de la investigadora. Tan pronto pasen los 3 años, se triturarán antes de ser descartados. No obstante, la base de datos conteniendo las puntuaciones de la pre-post prueba serán guardados permanentemente de manera digital por la investigadora sin ningún identificador. Esto se debe a que se desea comparar resultados de esta investigación con estudios futuros.

El Departamento de Educación también menciona, en la carta circular 13-2014-2015, la siguiente cláusula de relevo de responsabilidad:

"Se releva al Departamento de Educación de Puerto Rico de toda responsabilidad por cualquier reclamación que pueda surgir como consecuencia de las actividades del estudio y de la información que se solicite y provea por medio de este. El Departamento de Educación de Puerto Rico no se hace responsable de cualquier daño y perjuicio o reclamación producto del proceso de realización, o del resultado de la investigación, se releva, así, de cualquier obligación y responsabilidad al Departamento de Educación de Puerto Rico, sus empleados y funcionarios en cualquier reclamación, pleito o demanda que se presente relacionada, directa o indirectamente a esta investigación. La misma es una independiente no auspiciada por el Departamento de Educación de Puerto Rico. El Departamento de Educación de Puerto Rico no se solidariza necesariamente con los resultados de la investigación."

Derechos

Si leíste este documento, y decides participar, debes entender que tu colaboración hacia el estudio es completamente voluntaria y que tienes derecho a abstenerse de participar o a retirarte del estudio en

cualquier momento, sin ninguna penalidad. También tienes derecho a no contestar alguna pregunta en particular de la pre y post prueba. Además, tiene derecho a recibir una copia de este documento.

Si tienes alguna pregunta o deseas más información sobre esta investigación, puedes comunicarte con Gilemi del Mar Sepúlveda Cuadrado al teléfono (787) 219-6409 o la dirección electrónica: gilemi.sepulveda@upr.edu. También, podría comunicarse con su director de tesis. El Dr. Victor E. Bonilla Rodríguez al 787-764-0000 ext. 89243 o a victor.bonilla3@upr.edu.

Si tienes alguna pregunta sobre tus derechos como participante, una reclamación o queja relacionada con tu participación en este estudio, puedes comunicarte con la Oficial de Cumplimiento del Recinto de Río Piedras de la Universidad de Puerto Rico, al teléfono 787- 764-0000, extensión 86773 o a cipshi.degi@upr.edu.

Firmas

Tu firma en este documento significa que decidiste participar en esta investigación después de leer y discutir la información presentada en esta hoja de asentimiento.

Acepto participar No acepto participar

Nombre del participante	Firma	Fecha

Discuti el contenido de esta hoja de asentimiento con el arriba firmante.

Nombre de la investigadora	Firma	Fecha





DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS GRADUADOS
UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO, RECINTO DE RÍO PIEDRAS, FACULTAD DE EDUCACIÓN



HOJA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO MAESTRO O MAESTRA DE FÍSICA

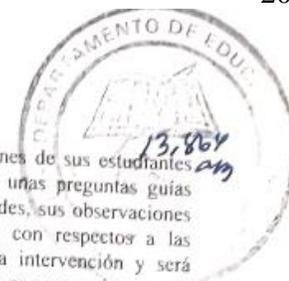
Efectos del enfoque STEM en el aprovechamiento académico en el curso de Física de escuela secundaria

Descripción

Usted y sus estudiantes del curso de Física están invitados a participar en la investigación *Efectos del enfoque STEM en el aprovechamiento académico del curso de Física de escuela secundaria*. Esta investigación es realizada por Gilemi del Mar Sepúlveda Cuadrado, estudiante graduada de la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras, del programa de Maestría en Educación con especialidad en Investigación y Evaluación Educativa (INEVA). La misma estudia el efecto del enfoque STEM en el aprovechamiento académico de los estudiantes del curso de Física secundaria. El enfoque STEM integra de manera conjunta las cuatro materias: Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas. Principalmente, STEM es un acrónimo para las siglas en inglés de *Science, Technology, Engineering y Mathematics*, creado como un fenómeno social, que finalmente termina convirtiéndose en un enfoque educativo. El propósito de la investigación es implementar la educación con enfoque STEM dentro del salón de clases para así estimular el pensamiento científico y desarrollo conceptual, simultáneamente impulsando el aprovechamiento académico en la clase de Física. La integración del enfoque STEM dentro de su salón de clases tendrá una duración de 4 semanas, en las cuales una vez a la semana se integrará al currículo de una actividad STEM. Como parte de esta investigación, se les estará administrando a sus estudiantes una pre prueba y una post prueba compuesta por conceptos específicos asociados al constructo del estudio: aprovechamiento académico de los estudiantes en el curso de Física, bajo la instrucción con un enfoque STEM. Estos conceptos son: aceleración, desplazamiento, dirección, distancia, cantidad escalar y vectorial, magnitud, punto de referencia, rapidez, resultante, y velocidad. Toda la intervención tendrá una duración total de 4 semanas (actividades con enfoque STEM) y 2 días (administración de pre y post prueba). La investigadora estará presente durante las actividades y la administración de la pre y post prueba.

Usted y sus estudiantes son invitados a participar en esta investigación ya que actualmente éstos están cursando la clase de Física secundaria y tienen (o tendrán) conocimiento sobre los conceptos específicos con los cuales se estará haciendo la intervención. Se espera que en este estudio participen grupos típicamente de 20 a 40 estudiantes. Sin embargo, esto dependerá de la composición del grupo control y experimental seleccionados. No habrá riesgos físicos de los participantes. Solo pueden sentir cansancio por la extensión de las actividades o la pre y post prueba. Esta investigación no conlleva beneficios directos para los participantes.

De su parte, es importante que implemente las actividades STEM creadas por la investigadora al menos una vez a la semana. La investigadora se compromete con la planificación de las 4 actividades STEM (una por cada semana) y con la discusión de éstas en su tiempo libre. También la investigadora se hará responsable de ofrecerle adiestramiento sobre la implementación del enfoque STEM dentro del salón de clases y apoyo durante la intervención de las actividades en el curso. A su vez, se le pide al



maestro llevar una bitácora de observaciones, o apuntes importantes, de reacciones de sus estudiantes durante la intervención (en torno a la implementación de STEM). Ésta tendrá unas preguntas guías dirigidas a conocer los comentarios de los estudiantes con respecto a las actividades, sus observaciones con respecto al aprovechamiento de los estudiantes y comentarios generales con respecto a las actividades. Solo la maestra o maestro tendrá acceso a la bitácora durante la intervención y será responsable de mantener la bitácora en un lugar seguro, fuera del alcance de personas ajenas a la investigación. Al finalizar las 4 semanas, la bitácora será recolectada por la investigadora para el proceso de análisis.

Si accede a participar en esta investigación, estará aceptando que sus estudiantes tomen la pre y pos prueba, y a tomar apuntes de lo observado durante la intervención, de acuerdo a las preguntas guías establecidas en la bitácora. Por otro lado, es importante denotar que las puntuaciones de sus estudiantes, obtenidas en la pre y post prueba, serán utilizadas como datos para la evidencia estadística del efecto del enfoque, de haber alguna. Estas puntuaciones no serán utilizadas para efectos del promedio del estudiante en el curso. Estos datos, serán para uso estrictamente investigativo, y su identidad y la de sus alumnos no será divulgada. Aquellos estudiantes que no deseen ser parte de la investigación participarán de las actividades de la intervención pero no tomarán la pre y pos prueba. Mientras se esté administrando la prueba a aquellos que aceptaron, los estudiantes que no son parte de la investigación estarán realizando una tarea sustituta (sin puntuación) con el mismo contenido de las actividades a realizar (contenido del curso). La tarea sustituta será asignada por usted, la maestra/o, asegurándose que los participantes no pierdan material del curso.

Confidencialidad

Su identidad será protegida en todo momento. Todos sus estudiantes tendrán un pseudónimo, en este caso un número al azar; mientras que su nombre no será publicado. La información o datos que puedan identificarle directa o indirectamente serán manejados confidencialmente entre la investigadora y su director de tesis. Entre los documentos trabajados de manera confidencial se incluyen las hojas de consentimiento (suya y de los padres de los estudiantes) y las hojas de asentimiento de los estudiantes. No obstante, se seguirá lo requerido por el Departamento de Educación y se conservarán en la oficina del Director de la escuela copias de las hojas de consentimiento y asentimiento firmadas.

Todos los documentos, materiales o datos de la investigación serán almacenados en un lugar seguro y bajo llave. Al culminar la investigación, las hojas de consentimiento de los padres, las hojas de consentimiento de los maestros, las hojas de asentimiento de los estudiantes, las pruebas de aprovechamiento y la bitácora del maestro tendrán un tiempo de conservación de 3 años, a manos de la investigadora. Tan pronto pasen los 3 años, se triturarán antes de ser descartados. No obstante, la base de datos conteniendo las puntuaciones de la pre-post prueba serán guardados permanentemente de manera digital por la investigadora sin ningún identificador. Esto se debe a que se desea comparar resultados de esta investigación con estudios futuros.

El Departamento de Educación también menciona, en la carta circular 13-2014-2015, la siguiente cláusula de relevo de responsabilidad:

“Se releva al Departamento de Educación de Puerto Rico de toda responsabilidad por cualquier reclamación que pueda surgir como consecuencia de las actividades del estudio y de la información que se solicite y provea por medio de este. El Departamento de Educación de Puerto Rico no se hace responsable de cualquier daño y perjuicio o reclamación producto del proceso de realización, o del resultado de la investigación. se releva, así, de cualquier obligación y responsabilidad al Departamento de Educación de

Puerto Rico, sus empleados y funcionarios en cualquier reclamación, pleito o demanda que se presente relacionada, directa o indirectamente a esta investigación. La misma es una independiente no auspiciada por el Departamento de Educación de Puerto Rico. El Departamento de Educación de Puerto Rico no se solidariza necesariamente con los resultados de la investigación."

Derechos

Si leyó este documento, y decide participar, debe entender que su colaboración hacia el estudio es completamente voluntaria y que tiene derecho a abstenerse de participar o a retirarse del estudio en cualquier momento, sin ninguna penalidad. Además, tiene derecho a recibir una copia de este documento.

Si tiene alguna pregunta o desea más información sobre esta investigación, puede comunicarse con Gilemi del Mar Sepúlveda Cuadrado al teléfono (787) 219-6409 o la dirección electrónica: gilemi.sepulveda@upr.edu. También, podría comunicarse con su director de tesis, El Dr. Víctor E. Bonilla Rodríguez al 787-764-0000 ext. 89243 o a victor.bonilla3@upr.edu.

Si tiene alguna pregunta sobre sus derechos y los de sus estudiantes como participantes, una reclamación o queja relacionada con su participación en este estudio, puede comunicarse con la Oficial de Cumplimiento del Recinto de Río Piedras de la Universidad de Puerto Rico, al teléfono 787- 764-0000, extensión 86773 o a cipshi.degi@upr.edu.

Firmas

Su firma en este documento significa que decidió participar en esta investigación después de leer y discutir la información presentada en esta hoja de consentimiento.

Acepto participar No acepto participar

Nombre del maestro o maestra	Firma	Fecha

Discuti el contenido de esta hoja de consentimiento con el arriba firmante.

Nombre de la investigadora	Firma	Fecha





DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS GRADUADOS
UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO, RECINTO DE RIO PIEDRAS, FACULTAD DE EDUCACION



**HOJA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO
PADRES/MADRES/ENCARGADOS/AS**

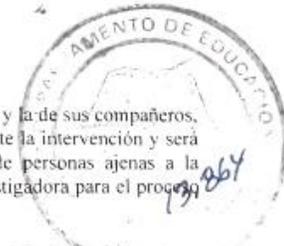
Efectos del enfoque STEM en el aprovechamiento académico en el curso de Física de escuela secundaria

Descripción

Su hijo o hija ha sido invitado a participar en la investigación *Efectos del enfoque STEM en el aprovechamiento académico del curso de Física de escuela secundaria*. Esta investigación es realizada por Gilemi del Mar Sepúlveda Cuadrado, estudiante graduada de la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras, del programa de Maestría en Educación con especialidad en Investigación y Evaluación Educativa (INEVA). La misma estudia el efecto del enfoque STEM en el aprovechamiento académico de los estudiantes del curso de Física secundaria. El enfoque STEM integra de manera conjunta las cuatro materias: Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas. Principalmente, STEM es un acrónimo para las siglas en inglés de *Science, Technology, Engineering y Mathematics*, creado como un fenómeno social, que finalmente termina convirtiéndose en un enfoque educativo. El propósito de la investigación es implementar la educación con enfoque STEM dentro del salón de clases para así estimular el pensamiento científico y el desarrollo conceptual, simultáneamente impulsando el aprovechamiento académico en la clase de Física. La integración del enfoque STEM dentro del salón de clases tiene una duración de 4 semanas, en las cuales una vez a la semana se integrará al currículo una actividad STEM. Como parte de esta investigación, se les estarán administrando a su hijo o hija una pre prueba y una post prueba compuesta por conceptos específicos asociados al constructo del estudio: aprovechamiento académico de los estudiantes en el curso de Física, bajo la instrucción con un enfoque STEM. Estos conceptos son: aceleración, desplazamiento, dirección, distancia, cantidad escalar y vectorial, magnitud, punto de referencia, rapidez, resultante y velocidad. Toda la intervención tendrá una duración total de 4 semanas (actividades con enfoque STEM) y 2 días (administración de pre y post prueba). La investigadora estará presente durante las actividades y la administración de la pre y post prueba.

Su hijo o hija es invitado a participar en esta investigación ya que actualmente está cursando la clase de Física secundaria. Se espera que en este estudio participen grupos típicamente de 20 a 40 estudiantes. Sin embargo, esto dependerá de la composición del grupo control y experimental seleccionado. Su hijo o hija estará en uno u otro de los grupos. En ambos grupos (experimental y control), se estará administrando la prueba con la investigadora presente. Sin embargo, en el grupo experimental se estarán implementando las actividades con enfoque STEM, con la investigadora igualmente presente. No habrá riesgo físico por participar. Solo puede sentir cansancio por la extensión de las actividades o la pre y pos prueba. Esta investigación no conlleva beneficios directos para los participantes.

Si accede a dar el permiso a su hijo o hija, éste o ésta participará de la investigación, y sus puntuaciones obtenidas en la pre y post prueba serán utilizadas como datos para la evidencia estadística del efecto del enfoque, de haber alguna. Además, dará permiso a su maestro de Física a escribir apuntes en su bitácora sobre diferentes reacciones observadas en clases en torno a la implementación de STEM (las actividades).



Estos datos, serán para uso estrictamente investigativo y la identidad, de su hijo/a y la de sus compañeros, no serán divulgadas. Solo la maestra o maestro tendrá acceso a la bitácora durante la intervención y será responsable de mantener la bitácora en un lugar seguro, fuera del alcance de personas ajenas a la investigación. Al finalizar las 4 semanas, la bitácora será recolectada por la investigadora para el proceso de análisis.

Si otorga el permiso de su hijo o hija a participar en esta investigación, estará accediendo a que éste tome la pre y pos prueba, y a que el maestro tome nota en su bitácora. Por otro lado, es importante denotar que las puntuaciones de su hijo/a obtenidas en la pre y post prueba, serán utilizadas para la recopilación de datos de la investigadora (para la evidencia estadística del efecto del enfoque, de haber alguna). Estas puntuaciones no serán utilizadas para la nota del participante en el curso. Aquellos que no deseen ser parte de la investigación participarán de las actividades de la intervención pero no tomarán la pre y pos prueba. Mientras se esté administrando la prueba a aquellos que aceptaron, los estudiantes que no son parte de la investigación estarán realizando una tarea sustituta (sin puntuación) con el mismo contenido de las actividades a realizar (contenido del curso). La tarea sustituta será asignada por la maestra/o, asegurándose que los participantes no pierdan material del curso.

Confidencialidad

La identidad de su hijo o hija será protegida en todo momento. Todos los participantes tendrán un pseudónimo, en este caso un número al azar. La información o datos que puedan identificar al menor, o su guardián, directa o indirectamente serán manejados confidencialmente entre el maestro o maestra del curso, la investigadora y su director de tesis. Los compañeros y compañeras de curso no tendrán acceso a ningún dato de su hijo o hija; y la maestra o maestro no utilizará sus puntuaciones de la prueba como requisito de evaluación para el curso. No obstante, se seguirá lo requerido por el Departamento de Educación y se conservarán en la oficina del director de la escuela copias de las hojas de consentimiento y asentimiento firmadas.

Todos los documentos, materiales o datos de la investigación serán almacenados en un lugar seguro y bajo llave. Al culminar la investigación, las hojas de consentimiento de los padres, las hojas de consentimiento de los maestros, las hojas de asentimiento de los estudiantes, las pruebas de aprovechamiento y la bitácora del maestro tendrán un tiempo de conservación de 3 años, a manos de la investigadora. Tan pronto pasen los 3 años, se triturarán antes de ser descartados. No obstante, la base de datos conteniendo las puntuaciones de la pre-post prueba serán guardados permanentemente de manera digital por la investigadora sin ningún identificador. Esto se debe a que se desea comparar resultados de esta investigación con estudios futuros.

El Departamento de Educación también menciona, en la carta circular 13-2014-2015, la siguiente cláusula de relevo de responsabilidad:

"Se releva al Departamento de Educación de Puerto Rico de toda responsabilidad por cualquier reclamación que pueda surgir como consecuencia de las actividades del estudio y de la información que se solicite y provea por medio de este. El Departamento de Educación de Puerto Rico no se hace responsable de cualquier daño y perjuicio o reclamación producto del proceso de realización, o del resultado de la investigación; se releva, así, de cualquier obligación y responsabilidad al Departamento de Educación de Puerto Rico, sus empleados y funcionarios en cualquier reclamación, pleito o demanda que se presente relacionada, directa o indirectamente a esta investigación. La misma es una independiente no auspiciada por el Departamento de Educación de Puerto Rico. El

Departamento de Educación de Puerto Rico no se solidariza necesariamente con los resultados de la investigación."

Derechos

Si leyó este documento, y permite la participación de su hijo o hija, debe entender que la participación en el estudio es completamente voluntaria y que tienen el derecho a abstenerse de algún proceso dentro de la investigación o a retirarse del estudio en cualquier momento, sin ninguna penalidad. También su hijo o hija tiene derecho a no contestar alguna pregunta en particular de la pre y post prueba implementada. Además, tiene derecho a recibir una copia de este documento.

Si tiene alguna pregunta o desea más información sobre esta investigación, puede comunicarse con Gilemi del Mar Sepúlveda Cuadrado al teléfono (787) 219-6409 o la dirección electrónica: gilemi.sepulveda@upr.edu. También, podría comunicarse con su director de tesis, El Dr. Victor E. Bonilla Rodríguez al 787-764-0000 ext. 89243 o a victor.bonilla3@upr.edu.

Si tiene alguna pregunta sobre sus derechos y los de su hijo o hija como participante, una reclamación o queja relacionada con este estudio, puede comunicarse con la Oficial de Cumplimiento del Recinto de Río Piedras de la Universidad de Puerto Rico, al teléfono 787- 764-0000, extensión 86773 o a cipsi.degi@upr.edu.

Firmas

Su firma en este documento significa que decidió permitir a su hijo o hija participar en esta investigación luego de leer y discutir la información presentada con su hijo o hija, y tener la posibilidad de comunicarse con la investigadora para clarificar cualquier aspecto de la investigación en caso de considerarlo necesario.

Acepto participar No acepto participar

Nombre del padre, madre o custodio

Firma

Nombre del menor

Fecha

Discuti el contenido de esta hoja de consentimiento con el arriba firmante o con el menor (de enviar la hoja con éste para el permiso del padre y de no ser un proceso presencial).

Nombre de la investigadora

Firma

Fecha

Versión: 5 de agosto de 2019



Página 3 de 3

APÉNDICE E
CARTA AL DIRECTOR



Departamento de Estudios Graduados
Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras, Facultad de Educación

9 de noviembre de 2018

Estimado/a Director/a.

Mi nombre es Gilemi del Mar Sepúlveda Cuadrado, estudiante de estudios graduados de la Facultad de Educación. Me encuentro realizando mi investigación para tesis, *Efectos del enfoque STEM en el aprovechamiento académico del curso de Física de escuela secundaria*, como requisito de grado del programa de Maestría en Educación con especialidad en Investigación y Evaluación Educativa (INEVA). Como parte de la investigación estaré implementando junto al maestro o maestra de Física secundaria el enfoque STEM, para medir el efecto en el aprovechamiento académico que tiene el mismo con los estudiantes del curso, por un periodo de 4 semanas y 2 días; 4 semanas de las cuales se trabajará el enfoque con los estudiantes por medio de actividades de desarrollo conceptual y 2 días de administración de instrumento de recopilación de datos (pre y post prueba de aprovechamiento académico). Se espera poder intervenir con grupos típicamente de 20 a 40 estudiantes. Sin embargo, esto dependerá de la composición del grupo control y experimental seleccionado.

Durante las 4 semanas de la intervención, se estarán implementando 4 actividades con enfoque STEM dentro del salón de clases, las cuáles serán discutidas con anticipación con el maestro/a encargado del curso. Antes y después de la intervención (la semana antes de la intervención y la semana después de la intervención), se estará administrando una pre y post prueba para la recopilación de datos. El contenido de la prueba será distribuido según los conceptos específicos enseñados en el salón de clases: aceleración, desplazamiento, dirección, distancia, cantidad escalar y vectorial, magnitud, punto de referencia, rapidez, resultante y velocidad. Otra de las técnicas para la recopilación de datos será una bitácora de reacciones de parte de los estudiantes en torno a las actividades. Esta será completada por el/la maestro/a encargado/a del curso y será recolectada por la investigadora al finalizar la investigación).

Todos estos documentos serán estrictamente trabajados por la investigadora y el director de tesis de la investigadora, el Dr. Víctor Bonilla Rodríguez, solo para fines educativos. Los nombres de los participantes no serán revelados en ningún momento y las respuestas serán confidenciales. La identidad de éstos será protegida en todo momento y el nombre no será expuesto en el estudio. Todos los participantes tendrán un pseudónimo, en este caso un número al azar. La información o datos que puedan identificar a los participantes directa o indirectamente serán manejados confidencialmente entre el maestro o maestra, la investigadora y su director de tesis (solo para efectos del proceso de análisis).

Si accede a participar en esta investigación, estará accediendo a la implementación de las actividades con enfoque STEM dentro del salón de clases de Física. Por otro lado, es importante denotar que los datos recopilados como evidencia estadística del efecto del enfoque, serán para uso estrictamente académico-investigativo, y su identidad y la de sus alumnos no será divulgada.

Todos los documentos, materiales o datos de la investigación serán almacenados en un lugar seguro y bajo llave. Al culminar la investigación, la hoja de consentimiento de padres, la hoja de asentimiento de maestros, la hoja de asentimiento de estudiantes, la prueba de aprovechamiento contestada y la bitácora del maestro tendrán un tiempo de conservación de 3 años, a manos de la investigadora. Tan pronto pasen los 3 años, se triturarán antes de ser descartados. No obstante, la base de datos conteniendo las puntuaciones de la pre-post prueba serán guardados permanentemente de manera digital por la investigadora sin ningún identificador. Esto se debe a que se desea comparar resultados de esta investigación con estudios futuros.

Es importante destacar que el/la maestro/a encargado/a serán adiestrados por la investigadora en la implementación del enfoque STEM en el salón de clases. Además, la investigadora puede estar presente durante las actividades (dentro del salón de clases) para asistir al/la maestro/a con la implementación de estas.

Por otro lado, el Departamento de Educación menciona, en la carta circular 13-2014-2015, la siguiente cláusula de relevo de responsabilidad:

“Se releva al Departamento de Educación de Puerto Rico de toda responsabilidad por cualquier reclamación que pueda surgir como consecuencia de las actividades del estudio y de la información que se solicite y provea por medio de este. El Departamento de Educación de Puerto Rico no se hace responsable de cualquier daño y perjuicio o reclamación producto del proceso de realización, o del resultado de la investigación; se releva, así, de cualquier obligación y responsabilidad al Departamento de Educación de Puerto Rico, sus empleados y funcionarios en cualquier reclamación, pleito o demanda que se presente relacionada, directa o indirectamente a esta investigación. La misma es una independiente no auspiciada por el Departamento de Educación de Puerto Rico. El Departamento de Educación de Puerto Rico no se solidariza necesariamente con los resultados de la investigación.”

No habrá riesgos físicos en esta investigación. Pudiesen los participantes sentir cansancio por la extensión de las actividades o la pre y post prueba. Esta investigación no conlleva beneficios directos para los participantes. De los participantes querer retirarse del estudio, está en su derecho de hacerlo.

Para comenzar el trabajo investigativo, solicito autorización de la escuela para ser parte de la investigación. Además, solicito la colaboración del maestro o maestra que imparta el curso de Física.

Para cualquier información adicional sobre la investigación puede comunicarse con esta servidora (Gilemi del Mar Sepúlveda Cuadrado) a la dirección electrónica gilemi.sepulveda@upr.edu o al número de teléfono celular 787-219-6409, o con su director de tesis, el Dr. Victor E. Bonilla Rodríguez, al 787-764-0000 ext. 89243 o a victor.bonilla3@upr.edu.

Si tiene alguna pregunta sobre sus derechos como participante, una reclamación o queja relacionada con tu participación en este estudio, puedes comunicarte con la Oficial de Cumplimiento del Recinto de Río Piedras de la Universidad de Puerto Rico, al teléfono 787- 764-0000, extensión 86773 o a cipshi.degi@upr.edu.

Muchas gracias por su consideración para colaborar con esta investigación.

Cordialmente,



Gilemi del M. Sepúlveda Cuadrado
Estudiante graduada de INEVA
Facultad de Educación
Departamento de Estudios Graduados

APÉNDICE F

CERTIFICADO DEL CITI PROGRAM

COLLABORATIVE INSTITUTIONAL TRAINING INITIATIVE (CITI PROGRAM)

COMPLETION REPORT - PART 1 OF 2 COURSEWORK REQUIREMENTS*

* NOTE: Scores on this [Requirements Report](#) reflect quiz completions at the time all requirements for the course were met. See list below for details. See separate Transcript Report for more recent quiz scores, including those on optional (supplemental) course elements.

- **Name:** Gilmi Sepúlveda (ID: 6120294)
- **Institution Affiliation:** Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras (ID: 2377)
- **Institution Email:** gilmi.sepulveda@upr.edu
- **Institution Unit:** Departamento de Graduados
- **Phone:** 787-219-6409

- **Curriculum Group:** Investigaciones psicológicas, sociales o educativas
- **Course Learner Group:** Investigaciones psicológicas, sociales o educativas con seres humanos
- **Stage:** Stage 1 - Stage 1

- **Record ID:** 22156791
- **Completion Date:** 16-Feb-2017
- **Expiration Date:** 16-Feb-2020
- **Minimum Passing:** 80
- **Reported Score*:** 97

REQUIRED AND ELECTIVE MODULES ONLY	DATE COMPLETED	SCORE
Historia y principios éticos (ID: 1478)	13-Feb-2017	5/5 (100%)
Investigación con poblaciones protegidas. Sujetos vulnerables: una definición (ID: 1483)	13-Feb-2017	4/4 (100%)
Investigación con datos de archivo (ID: 1490)	13-Feb-2017	2/2 (100%)
Conflictos de interés en investigaciones con sujetos humanos. (ID: 1669)	16-Feb-2017	3/3 (100%)
Daño a grupos. Investigación con poblaciones cultural o médicamente vulnerables (ID: 1719)	15-Feb-2017	3/3 (100%)
Evaluación de riesgo en investigaciones en ciencias sociales y del comportamiento (ID: 1716)	15-Feb-2017	5/5 (100%)
Privacidad y confidencialidad (ID: 1677)	16-Feb-2017	4/5 (80%)
Investigación con mujeres (ID: 1755)	16-Feb-2017	3/3 (100%)
Trabajadores como sujetos de investigación - Una población vulnerable. (ID: 1720)	16-Feb-2017	3/3 (100%)
Investigación internacional (ID: 1481)	16-Feb-2017	No Quiz

For this Report to be valid, the learner identified above must have had a valid affiliation with the CITI Program subscribing institution identified above or have been a paid Independent Learner.

Verify at: www.citiprogram.org/verify/?k35f8a292-9983-4603-bc4d-8759371b7121-22156791

Collaborative Institutional Training Initiative (CITI Program)

Email: support@citiprogram.org

Phone: 888-529-5929

Web: <https://www.citiprogram.org>

COLLABORATIVE INSTITUTIONAL TRAINING INITIATIVE (CITI PROGRAM)
COMPLETION REPORT - PART 2 OF 2
COURSEWORK TRANSCRIPT**

** NOTE: Scores on this [Transcript Report](#) reflect the most current quiz completions, including quizzes on optional (supplemental) elements of the course. See list below for details. See separate Requirements Report for the reported scores at the time all requirements for the course were met.

• **Name:** Gilemi Sepúlveda (ID: 6120294)
 • **Institution Affiliation:** Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras (ID: 2377)
 • **Institution Email:** gilemi.sepulveda@upr.edu
 • **Institution Unit:** Departamento de Graduados
 • **Phone:** 787-219-6409

• **Curriculum Group:** Investigaciones psicológicas, sociales o educativas
 • **Course Learner Group:** Investigaciones psicológicas, sociales o educativas con seres humanos
 • **Stage:** Stage 1 - Stage 1

• **Record ID:** 22156791
 • **Report Date:** 16-Feb-2017
 • **Current Score**:** 97

REQUIRED, ELECTIVE, AND SUPPLEMENTAL MODULES	MOST RECENT	SCORE
Historia y principios éticos (ID: 1478)	13-Feb-2017	5/5 (100%)
Evaluación de riesgo en investigaciones en ciencias sociales y del comportamiento (ID: 1716)	15-Feb-2017	5/5 (100%)
Privacidad y confidencialidad (ID: 1677)	16-Feb-2017	4/5 (80%)
Investigación con datos de archivo (ID: 1490)	13-Feb-2017	2/2 (100%)
Investigación con poblaciones protegidas. Sujetos vulnerables: una definición (ID: 1483)	13-Feb-2017	4/4 (100%)
Daño a grupos. Investigación con poblaciones cultural o médicamente vulnerables (ID: 1719)	15-Feb-2017	3/3 (100%)
Trabajadores como sujetos de investigación - Una población vulnerable. (ID: 1720)	16-Feb-2017	3/3 (100%)
Investigación internacional (ID: 1481)	16-Feb-2017	No Quiz
Conflictos de interés en investigaciones con sujetos humanos. (ID: 1669)	16-Feb-2017	3/3 (100%)
Ética en la publicación de los resultados de la investigación (ID: 1717)	16-Feb-2017	Quiz Not Taken
Investigación con mujeres (ID: 1755)	16-Feb-2017	3/3 (100%)

For this Report to be valid, the learner identified above must have had a valid affiliation with the CITI Program subscribing institution identified above or have been a paid Independent Learner.

Verify at: www.citiprogram.org/verify/?k35f8a292-9983-4603-bddd-8759371b7121-22156791

Collaborative Institutional Training Initiative (CITI Program)

Email: support@citiprogram.org

Phone: 888-529-5929

Web: <https://www.citiprogram.org>

RESUMEN BIOGRÁFICO DE LA AUTORA

Gilemi del Mar Sepúlveda Cuadrado nació en San Juan, Puerto Rico, el 31 de mayo de 1990. Sus padres, Noemí y Santos, ambos maestros, le inculcaron el valor de una buena educación; he hicieron todo en su poder por brindarles a ella, y a sus tres hermanos a enfrentar todo reto en la vida. No obstante, nunca faltó la mejor educación que un padre le puede ofrecer a sus hijos, y esa es la de los valores, el amor y respeto propio y al prójimo. Al igual que su padre, la investigadora tuvo una gran fascinación por las Ciencias, siendo esta su clase favorita desde pequeña. Más adelante, decidió emprender su camino en la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras; obteniendo su Bachillerato de la Facultad de Educación, con concentración en Física. Estando en su bachillerato tuvo la oportunidad de desarrollarse como científica e investigadora en temas relacionados a las Ciencias Generales y a las Físicas; adquiriendo conocimiento en astronomía, fuentes de producción de energía, la física en el cuerpo humano, entre otros temas aprendidos y adquiridos en su diario vivir. Por otro lado, los cursos en Educación le ayudaron a desarrollar conocimiento en; destrezas, enfoques, métodos y herramientas para una enseñanza efectiva y afectiva dentro del curso de Ciencias. Su práctica docente, requisito parcial de bachillerato, fue realizada en la escuela especializada en Ciencias y Matemáticas University Gardens, en donde gana experiencia en la implementación de lo teórico aprendido.

Al obtener su título universitario, la investigadora tuvo el privilegio de trabajar como maestra en la Escuela Intermedia René Marqués, en Carolina; profesión que la llenaba de mucho gozo y satisfacción. Más adelante, tuvo la oportunidad de volver a su

alma máter y trabajar como técnica de laboratorio en el área de Ciencias en la Facultad de Educación, UPRRP, junto a la Dra. Gladys Dávila Hernández y la Dra. Lizzette Velázquez Rivera. Siendo técnica de laboratorio elabora y colabora en diversos proyectos educativos, que la llevan a ganar interés en lo que es la educación con enfoque STEM. Poco a poco fue investigando y creando actividades para los estudiantes subgraduados de la Facultad utilizando este enfoque. En el transcurso, ofrecía talleres (en la Universidad y escuelas públicas y privadas) de lo que involucraba la práctica de la educación STEM, y posibles clases demostrativas de integración utilizando materiales de bajo costo, reusables o gratuitos (tomando en consideración que no todos los maestros tienen los mismos recursos dentro del salón de clases). Luego de obtener dos certificaciones como educadora en enfoque STEM, decide emprender estudios graduados en la UPRRP bajo el programa de Investigación y Evaluación Educativa (INEVA) con la intención de desarrollar su investigación sobre este enfoque, en el proceso ganado gran conocimiento y experiencia en las áreas de métodos de investigación educativos y evaluación de proyectos y programas. Estando en sus estudios graduados fue parte del Consejo de Estudiantes de la Facultad de Educación, ocupando el puesto de Representante del Departamento de Estudios Graduados. Además, fue integrante de varios comités educativos y administrativos de la Facultad. La investigadora tiene planes en seguir investigando sobre la educación STEM; no obstante, nunca olvidándose de su amor por la investigación científica. Al culminar su Maestría en INEVA, tiene planes de continuar sus estudios doctorales en Ciencias Naturales.

