

EXPERIENCIA DE DOCENTES EN UN CURSO CON ENFOQUE *STEM*  
UTILIZANDO SIMULADORES PARA LA ENSEÑANZA DE ROBÓTICA

Disertación presentada al  
Departamento de Estudios Graduados  
Facultad de Educación  
Universidad de Puerto Rico  
Recinto de Río Piedras  
como requisito parcial para  
obtener el grado Doctoral en Educación

Por

Jeannette Milland Vigio

© Derechos reservados, 2024

Disertación presentada como requisito parcial  
para obtener el grado Doctoral en Educación

EXPERIENCIA DE DOCENTES EN UN CURSO CON ENFOQUE *STEM*  
UTILIZANDO SIMULADORES PARA LA ENSEÑANZA DE ROBÓTICA

JEANNETTE MILLAND VIGIO

MBA.TMGT. Gerencia de Tecnología, Universidad de Phoenix, 2007

B.S. Bachillerato en Ciencias Naturales, Universidad de Puerto Rico, 2001

Aprobada el 24 de octubre de 2024 por el Comité de Disertación:

---

Víctor E. Bonilla Rodríguez, Ph.D.  
Director de Disertación

---

Carmen Pacheco Sepúlveda, Ed.D.  
Miembro del Comité

---

Brenda P. Rodríguez Villanueva, Ed.D.  
Miembro del Comité

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a mi hijo Yamil Martínez Milland quien hoy en día es ingeniero mecánico en una compañía reconocida en Estados Unidos. Cuando él cursaba octavo grado me recomendaron inscribirlo en unas competencias de robótica con la compañía PRIOR, por sus siglas en inglés, *Puerto Rico Institute of Robotics*. El ingeniero Wence López, presidente de la compañía y también ingeniero de la NASA, tenía la misión de levantar entre los niños y jóvenes de Puerto Rico, el interés por carreras de ingeniería, ya que existía escasez de profesionales en el campo. Junto al ingeniero César Cabrera fundaron la compañía PRIOR donde les enseñaban a los niños los fundamentos de robótica, construcción de mecanismos y programación, y luego de varias semanas de adiestramiento, la temporada culminaba con una serie de torneos donde escuelas públicas y privadas competían para formar parte de la delegación que representaría a Puerto Rico en las Competencias Mundiales de Robótica VEX.

Para los mentores de cada escuela, la inversión de tiempo fuera del horario escolar era mucha y en el colegio que asistía mi hijo no hubo maestros voluntarios que quisieran participar. Así comencé como mentora (más bien mamá cooperadora) del equipo de robótica de mi hijo. Ese año me otorgaron un trofeo como mentora del año y desde entonces la robótica se convirtió en una pasión para nuestra familia. A través de los años seguí colaborando y aprendiendo mientras acompañaba a mi hijo en su desarrollo. Hace 10 años llegué a la Escuela Secundaria de la Universidad de Puerto Rico donde continué disfrutando de los logros de mis estudiantes como mentora, en torneos nacionales, latinoamericanos y mundiales. Al igual que mi hijo, mis estudiantes tuvieron grandes logros representando a sus universidades y, hoy en día, se desempeñan en diversos campos de la ingeniería.



## RESUMEN DE LA DISERTACIÓN

### EXPERIENCIA DE DOCENTES EN UN CURSO CON ENFOQUE *STEM* UTILIZANDO SIMULADORES PARA LA ENSEÑANZA DE ROBÓTICA

Jeannette Milland Vigio

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

Este estudio cualitativo con enfoque fenomenológico investigó las experiencias de un grupo de maestros que tomó un curso de robótica en línea, utilizando simuladores al no contar con equipos físicos. Luego de completar el curso, se desconocía cómo fue la experiencia en la transferencia del aprendizaje a sus escuelas. Se entrevistó a seis maestros que transfirieron la experiencia a sus aulas utilizando simuladores. mediante entrevistas en profundidad.

Los hallazgos destacan que los docentes se beneficiaron con la integración de simuladores para apoyar la enseñanza de robótica, mejorando su conocimiento tecnológico pedagógico y auto confianza. La experiencia de los participantes transformó la incertidumbre inicial de no creer que se pudiera aprender robótica sin equipos físicos, en una percepción positiva sobre la efectividad del uso de herramientas virtuales. Señalaron que los simuladores permitieron una comprensión más profunda de los conceptos de robótica y un entorno seguro para la experimentación.

Se identificaron desafíos como la necesidad de que las escuelas cuenten con servicio de Internet, computadoras y la importancia de adquirir equipos físicos para complementar la experiencia virtual. Las recomendaciones incluyen extender el curso para más práctica, y dividir secciones por nivel de experiencia.

El estudio también subraya la importancia que tuvo el diseño curricular con un enfoque andragógico que, además, integró eficazmente aspectos del Conectivismo como el aprendizaje en red y los entornos virtuales de aprendizaje. También se destacan: el Conocimiento Tecnológico Pedagógico del Contenido (*TPACK*), la integración de los estándares de Tecnología Educativa según los marcos conceptuales de *ISTE* y *DigComp*, fundamentales para el docente del siglo 21 y el construccionismo donde la tecnología se convierte en materia prima para la construcción del conocimiento. Además, se consideraron aspectos como la: confianza, motivación y claridad con la que los participantes percibieron los recursos y plataformas virtuales compartidos en el curso.

En conclusión, la experiencia de los participantes de esta investigación que tomaron el curso con enfoque *STEM* utilizando simuladores para la enseñanza de robótica fue percibida como una exitosa reconociendo que el diseño curricular del curso fue clave al proveer el ambiente y materiales adecuados para una comunidad virtual de aprendizaje.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
HOJA DE APROBACIÓN.....	i
DEDICATORIA .....	ii
RECONOCIMIENTOS .....	iii
RESUMEN DE LA DISERTACIÓN .....	iv
LISTA DE TABLAS .....	xiii
LISTA DE FIGURAS.....	xv
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....	1
Trasfondo .....	1
Planteamiento del problema.....	3
Propósito .....	3
Justificación .....	4
Preguntas de investigación.....	6
Definiciones .....	8
CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	15
Introducción .....	15
Fundamentos filosóficos .....	16
Enfoques educativos .....	20
Principios de la Andragogía.....	20
Participación .....	20
Horizontalidad.....	21

Flexibilidad .....	22
Conocimiento Tecnológico Pedagógico del Contenido ( <i>TPACK</i> ).....	22
Competencias digitales del docente del Siglo XXI.....	29
Robótica educativa.....	31
Modelo <i>SAMR</i> de Rubén Puentedura.....	33
Enfoque <i>STEM</i> .....	36
Enfoque <i>STEM PBL</i> .....	36
<i>STEM PBL</i> y habilidades blandas .....	39
Pensamiento computacional.....	39
Trabajo colaborativo .....	40
Motivación, curiosidad y creatividad.....	40
Nuevas variaciones del acrónimo <i>STEM</i> : <i>STEAM</i> , <i>STREAM</i> y <i>STR3EAM</i> ....	41
CAPÍTULO III. MÉTODO.....	42
Introducción .....	42
Metodología .....	43
Diseño .....	44
Diseño fenomenológico interpretativo ( <i>AFI</i> ) versus fenomenológico hermenéutico.....	46
Selección de participantes.....	48
Características de los participantes .....	49
Técnicas de recopilación de información .....	52
Escenario para la recopilación de información por fases.....	52



La entrevista.....	53
La entrevista semiestructurada como técnica para explorar el fenómeno de estudio.....	54
Protocolo de entrevista.....	55
Autorización del protocolo de investigación .....	59
Relación con los participantes .....	60
Acceso a data existente .....	60
Permiso para grabar video con cámara encendida.....	61
Relación de la investigadora con la Universidad de Puerto Rico .....	63
Revisitar evidencias de trabajo .....	63
Sobre la entrevista en línea .....	64
Tiempo de conservación de los documentos .....	65
Endoso de DECEP .....	67
Requisito de haber intentado transferir la experiencia de aprendizaje .....	68
Hoja informativa (Consentimiento informado incorporado en el formulario de Google) .....	68
Procedimiento para la preparación y la realización de entrevistas .....	69
Determinar preguntas abiertas .....	70
Obtener consentimiento informado.....	71
Localizar espacio libre de interrupciones .....	71
Recopilación de datos .....	72
Apegarse a buenas prácticas .....	73

Proceso de transcripción .....	75
Credibilidad.....	75
Consideraciones éticas .....	79
Análisis de datos .....	81
CAPÍTULO IV HALLAZGOS.....	84
Introducción .....	84
Análisis de hallazgos en tres fases .....	86
Fase 1: Antes del curso .....	87
Resumen de la Fase 1.....	93
Fase 2: Durante el curso.....	94
Uso del simulador <i>VEXcode VR</i> .....	95
Uso del simulador <i>Gear Generator</i> .....	98
Uso del simulador <i>TinkerCAD</i> .....	102
Utilidad de los simuladores en la enseñanza.....	111
Resumen de la Fase 2: Durante el curso .....	116
1. Experiencia de aprendizaje .....	119
2. Facilidad usando la interfaz .....	119
3. Currículo .....	120
4. Impacto emocional y motivación.....	120
5. Desafíos y limitaciones .....	121
6. Recursos y apoyo .....	121
Fase 3: Después del curso .....	123

La entrevista.....	124
Mantenerse consistentes con las buenas prácticas .....	126
Proceso de la grabación y la transcripción.....	131
Transcripción y familiarización con los datos .....	132
Proceso de codificación .....	132
Codificación abierta (Hernández et al., 210, p. 494) .....	132
Codificación axial (Hernández et al., 2010, p. 494) .....	133
Codificación selectiva (Hernández et al., 2010, p. 496).....	136
Interpretación y narración.....	136
Presentación de resultados .....	136
Ejes temáticos provenientes de las categorías emergentes .....	137
Eje temático A: Motivación para tomar la Certificación <i>STEM PBL</i> .....	137
Eje temático B: Competencias digitales y conocimientos previos .....	142
Eje temático C: Percepción sobre la viabilidad del curso a distancia.....	146
Eje temático D: Autoconfianza para la transferencia .....	148
Eje temático E: Experiencia de transferencia a la práctica docente.....	151
Eje temático F: Recomendaciones y comentarios sobre el curso .....	159
Resumen de la Fase 3.....	162
Resumen del Capítulo IV.....	164
<b>CAPÍTULO V CONCLUSIONES .....</b>	<b>166</b>
Introducción .....	166
Análisis de las preguntas de investigación a la luz de los hallazgos .....	167

1. ¿Cómo influyeron las competencias digitales y el conocimiento previo? .....	169
2. ¿Cómo se sintieron los docentes al utilizar simuladores para enseñar y aprender robótica? .....	171
3. ¿Cómo influyó la experiencia de los docentes en un curso de robótica con simuladores en su capacidad para diseñar y adaptar actividades de aprendizaje centradas en la robótica? .....	173
4. ¿Cuáles beneficios tiene el uso de simuladores para enseñar y aprender robótica? .....	175
5. ¿Cuáles retos tiene el uso de simuladores para enseñar y aprender robótica? .....	177
6. Recomendaciones de los docentes para utilizar simuladores en la enseñanza y aprendizaje de robótica .....	179
Resumen de la experiencia de los docentes utilizando simuladores para la enseñanza y el aprendizaje de robótica .....	180
Nuevos temas que emergieron de esta investigación .....	181
Recomendaciones para mejorar la eficacia de currículos en línea .....	182
Relevancia del contenido y aplicabilidad real .....	183
Retroalimentación continua y oportunidades de reflexión .....	183
Motivación .....	184
Inspiración .....	184
¿Cómo fue la experiencia diseñando las actividades curriculares del curso <i>STEM</i> 6004 para un curso de robótica sin equipos físicos? .....	186
La importancia del conectivismo .....	189

La importancia de la presencia social en el aprendizaje en línea .....	195
Limitaciones del estudio .....	196
Sugerencias para investigaciones futuras.....	197
Conclusión .....	197
Palabras finales .....	199
REFERENCIAS.....	201
APÉNDICES	
A. CERTIFICADO DE <i>CITI PROGRAM</i> .....	210
B. AUTORIZACIÓN DEL CIPSHI DEL PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN ..	212
C. HOJA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO.....	214
D. ENDOSO DECEP .....	220
E. LIBRO DE CÓDIGOS GENERADO POR NVIVO .....	223
RESUMEN BIOGRÁFICO DE LA AUTORA.....	231

## LISTA DE TABLAS

Tabla	Página
2.1 Ejemplo de metodologías a emplear para resolver un problema, según la instancia y tipos de Kilpatrick .....	37
3.1 Definiciones de la investigación cualitativa y su pertinencia con la investigación .....	44
3.2 Diferencias entre el diseño fenomenológico-interpretativo (AFI) y el fenomenológico-hermenéutico .....	47
3.3 Protocolo de entrevista del estudio fenomenológico Experiencia de Docentes en un curso con Enfoque <i>STEM</i> utilizando Simuladores para la enseñanza de Robótica.....	56
3.4 Diario del investigador y la grabación de las entrevistas.....	58
3.5 Hoja de cotejo para evaluar las entrevistas cualitativas.....	58
3.6 Uso, almacenamiento de los documentos, materiales y datos .....	65
3.7 Documentos, materiales o datos que se conservarán permanentemente.....	67
3.8 Alineación de las subpreguntas de investigación y de la entrevista .....	70
3.9 Actividad de recopilación de datos en un estudio fenomenológico.....	73
4.1 Fase 1: Perfil, conocimiento previo y expectativas antes de llegar al curso.....	92
4.2 Fase 2: Reflexiones sobre el uso del simulador <i>VEXcode VR</i> .....	97
4.3 Fase 2: Reflexiones sobre el uso del simulador <i>Gear Generator</i> .....	101
4.4 Reflexiones sobre el uso del simulador <i>TinkerCAD</i> .....	111
4.5 Fase 2: Reflexiones sobre la transferencia de lo virtual a lo físico.....	115
4.6 Segmento del libro de categorías con las 3 subcategorías más codificadas .....	135
4.7 Eje temático A: Motivación para tomar la Certificación <i>STEM PBL</i> .....	138

4.8 Motivación para tomar la Certificación <i>STEM PBL</i> .....	140
4.9 Eje temático B: Competencias Digitales y Conocimientos Previos .....	142
4.10 Dominio de Competencias Digitales y Conocimientos Previos .....	143
4.11 Eje temático C: Percepción sobre la viabilidad del curso en línea .....	147
4.12 Eje temático D: Autoconfianza para la transferencia .....	149
4.13 Eje temático E: 1. Integración curricular en la experiencia de transferencia.....	152
4.14 Eje temático E: 2. Uso de simuladores en la experiencia de transferencia.....	154
4.15 Eje temático E: 3. Percepción de éxito en la experiencia de transferencia.....	157
4.16 Eje temático E: 4. Retos y dificultades en la experiencia de transferencia.....	158
4.17 Eje temático F: Recomendaciones y comentarios sobre el curso .....	161

## LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
2.1 Modelo del enfoque pedagógico TPACK (Mishra & Koehler, 2006).....	23
2.2 Modelo TPACK de Mishra y Koehler (2006) aplicado al curso STEM 6004: Automatización y Robótica con enfoque STEM.....	26
2.3 Rueda de Pedagogía V5 .....	34
3.1 Procedimiento para la preparación y la conducción de entrevistas .....	69
4.1 Fuentes de información de las fases de la investigación.....	85
4.2 Certificado de participación Hora de Código VEXcode VR.....	97
4.3 Gear Generator: Simulador de sistemas de engranajes.....	100
4.4 Enlace web a Simulación del sistema de engranajes lineal .....	101
4.5 Gear Generator: Simulador de sistemas de engranaje .....	102
4.6 Circuito con Potenciómetros y LED RGB.....	105
4.7 Variante del Proyecto #1: Mezcladora de colores RGB con pantalla LCD.....	106
4.8 Código del Proyecto #1: Mezcladora de colores RGB en Arduino .....	107
4.9 Ampliación de la gráfica de humedad del Proyecto #2 .....	108
4.10 Diseño del Proyecto #2: Gráfica del Sensor de Humedad de Terreno .....	109
4.11 Programación con bloques del Proyecto #2: Gráfica del Sensor de Humedad de Terreno con LEDs de colores.....	110
4.12 De lo virtual a lo físico: TinkerCAD a Arduino .....	115
4.13 Enriquecimiento del Conocimiento Tecnológico .....	117



4.14 Enriquecimiento del PLE durante el curso de STEM6004: Automatización y Robótica con enfoque STEM .....	123
4.15 Tecnologías de apoyo en el proceso de la investigación .....	126
4.16 Proceso de entrevistas y recopilación de información .....	128
4.17 Protocolo de entrevista, Diario del investigador y Hoja de cotejo para evaluar las entrevistas cualitativas .....	129
4.18 Árbol de categorías y subcategorías de NVivo para codificar entrevistas.....	134
4.19 Cómo se enteran de la certificación .....	139
4.20 Preparación académica de los participantes.....	145
4.21 Niveles de auto confianza de los participantes al transferir la experiencia .....	150
4.22 Integración curricular de los conceptos STEM.....	153

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

#### Trasfondo

En el año 2022 fui contratada para facilitar uno de los cursos de la Certificación *STEM PBL* de la Academia *STEM*, que forma parte del catálogo de cursos de la División de Educación Continua y Estudios Profesionales de la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras (en adelante, DECEP). Esta certificación estuvo dirigida a maestros del Departamento de Educación de Puerto Rico (en adelante DE). El curso que tuve a cargo diseñar y enseñar fue *STEM6004: La integración de la automatización y robótica con enfoque STEM*. Esta es la tercera vez que ofrecía este curso para el que fui considerada por ser profesora de Robótica y Automatización en la Escuela Secundaria de la Universidad de Puerto Rico ya por una década. Este curso de nivel de maestría fue ofrecido a distancia en un formato de cinco reuniones sincrónicas los sábados de 9:00 a.m. a 12:00 P.M. El resto de las 45 horas crédito se completó con actividades asincrónicas para que los participantes llevaran a cabo durante la semana. La certificación tuvo buena acogida entre los maestros del DE por lo que se abrió una segunda cohorte. La cohorte *STEM-Fase1* estuvo compuesta por 36 participantes quienes tomaron el curso del 7 de mayo al 4 de junio de 2022 y la cohorte *STEM-Fase2* estuvo compuesta por 42 participantes que tomaron el curso del 25 de junio al 6 de agosto de 2022.

Aunque anteriormente había tenido la oportunidad de enseñar el curso, en esta ocasión no contábamos con equipos físicos de robótica con los que los participantes pudieran llevar a cabo los ejercicios de práctica y esto representaba un gran reto.

Para mi beneficio, en esta ocasión pude contar con el conocimiento y experiencias que brinda el programa doctoral en Currículo y Enseñanza con subespecialidad en Tecnología del Aprendizaje (en adelante TdA). La TdA comprende el diseño, el desarrollo y la evaluación de ambientes de aprendizajes significativos, en los cuales se integra la tecnología (De Jesús et al., n.d). En los cursos del programa doctoral pude aprender a integrar diversas herramientas virtuales que enriquecieron mi práctica como docente. Fue durante mis estudios que conocí sobre: objetos virtuales de aprendizaje, simulaciones, la creación de ambientes virtuales, la importancia del diseño curricular, la variedad de modelos de integración de tecnologías y la importancia de la Andragogía a la hora de trabajar con adultos. Todos estos y otros temas, cobraron significado real a la hora de replantearme qué estrategias y técnicas serían las adecuadas al diseñar el curso que iba a ofrecer. Así que, con los nuevos lentes que me brinda haber transitado por el programa doctoral, diseñé un curso donde compartí con los maestros del DE, una mochila de herramientas virtuales, primordialmente simuladores, para salir adelante cuando no se cuenta con materiales y equipos físicos con qué dar un curso de robótica con enfoque *STEM*. En el caso del uso de simuladores, la idea es llevar al estudiante o aprendiz a desenvolverse en situaciones lo más aproximadas a la realidad, en condiciones seguras, con variables controladas, sin riesgos, con menores costos y permitiendo el error como experiencia de aprendizaje (Franco, 2013).

En términos de paradigma filosófico, la integración del uso de simuladores en la educación está anclada al Construccionismo (Papert y Harel, 1991; Stager, 2006), entre cuyos principios se considera a la tecnología como materia prima para la construcción del conocimiento. Partiendo de estos planteamientos, dejamos establecido que se estudió la experiencia de los participantes con el uso de estas tecnologías en función del aprendizaje.

### **Planteamiento del problema**

Tras completar la Certificación *STEM PBL*, los maestros comenzaron un nuevo año escolar donde aplicarían los conocimientos adquiridos con sus estudiantes. Sin embargo, la falta de un seguimiento posterior a la certificación dificultó la comprensión de cómo los maestros experimentaron la transferencia de conocimientos en sus entornos escolares. Además, dado que el uso de simuladores se ha vuelto relevante, pero aún poco explorado en Puerto Rico como alternativa ante la carencia de equipos de robótica, era pertinente investigar y comprender la experiencia de los maestros al utilizar simuladores.

### **Propósito**

El propósito de esta investigación fue indagar cómo fue la experiencia de los maestros que tomaron el curso de Automatización y Robótica de la Certificación *STEM PBL*, al transferir la experiencia de aprendizaje al salón de clases utilizando simuladores y dar a conocer los logros alcanzados con sus estudiantes durante el año escolar 2022-2023. Entendemos que los resultados que se muestran aquí beneficiarán, tanto a maestros que participen en futuras instancias de la certificación *STEM PBL*, como a educadores que enseñamos robótica.

La investigación tuvo un enfoque cualitativo con un diseño fenomenológico, buscando conocer sobre la experiencia vivida por estos profesores en sus entornos escolares. Las experiencias y análisis que aparecen en los próximos capítulos le proporcionarán una visión más profunda de la transición de la teoría a la práctica en la enseñanza de robótica *STEM*.

Los objetivos que dirigieron esta investigación fueron:

1. Indagar sobre el nivel de satisfacción de los docentes utilizando simuladores para aprender robótica.
2. Identificar los beneficios y limitaciones percibidos por los docentes al usar simuladores para la enseñanza de robótica.
3. Analizar cómo el perfil de los docentes en términos de competencias digitales de siglo 21 y experiencias previas en el campo de la robótica impactaron su desempeño en un curso totalmente a distancia utilizando solo simuladores.

### **Justificación**

Desde fines de siglo 20 se ha enfatizado en la importancia de que los maestros adquieran las destrezas pedagógicas para complementar el conocimiento sobre su materia de especialidad. Shulman (1986) propuso que los conocimientos pedagógicos eran una dimensión que debe ir a la par con el conocimiento de los contenidos (currículo), es decir, que además de conocer lo que se enseña, se debe saber cómo enseñar. Por lo que, conocer cómo se enseña un contenido, es tan importante como tener el conocimiento de la materia que se enseña (Ekiz-Kiran y Boz, 2020, como citado en Vásconez & Inga, 2021).

Expandiendo este concepto, Mishra y Koehler (2006) propusieron un tercer “conocimiento” en el área de saberes que deben tener los docentes, siendo este el Conocimiento Tecnológico o la capacidad de aplicar las tecnologías adecuadas para apoyar la enseñanza de los contenidos. Se espera que el docente se desarrolle en los tres conocimientos que Mishra y Koehler llaman *TPACK* (en español Conocimiento Tecnológico-Pedagógico del Contenido). Este describe el marco de saberes que debe tener el docente del siglo 21. *TPACK* une el Conocimiento del Contenido con el conocimiento Pedagógico para enseñar el contenido y el Conocimiento Tecnológico para integrar las herramientas adecuadas para enseñar el contenido. A través del curso *STEM6004*, los participantes tuvieron la oportunidad de aprender a usar nuevas tecnologías, entre estos, diversos simuladores para facilitar el aprendizaje de los conceptos de robótica que se trabajaron en el curso *STEM6004*.

Según Franco (2013), los simuladores son herramientas tecnológicas que vienen incorporándose como recursos educativos en experiencias de enseñanza-aprendizaje desde la década del 60. Salinas y Ayala (2017) ubican sus comienzos desde los años 70’s habiéndose utilizado para entrenamientos en campos como la medicina, la aviación y la milicia. A través de estas herramientas tecnológicas, los estudiantes pueden disfrutar de actividades y experiencias representativas de la realidad, que de otra manera no podrían experimentar por tratarse de actividades de alto riesgo y complejidad. Salinas y Ayala (2017) indican que su potencial radica en permitirle al estudiante la posibilidad de manipular modelos de fenómenos o situaciones y poner a prueba la funcionalidad de los modelos mentales que construye. Por su parte, Franco (2013) señala que a través del uso

simulaciones, se puede sumergir a los aprendices en situaciones que realmente permitan evidenciar lo que saben, lo que pueden hacer y cómo ellos piensan que debe hacerse, ya que muchas simulaciones desarrollan las destrezas de toma de decisiones, un aspecto muy importante del pensamiento y de la resolución de problemas.

En el caso del uso de simuladores, la idea es llevar al estudiante o aprendiz a desenvolverse en situaciones lo más aproximadas a la realidad, en condiciones seguras, con variables controladas, sin riesgos, con menores costos y permitiendo el error como experiencia de aprendizaje. Tanto Salinas y Ayala (2017) como Franco (2013) coinciden en que los maestros muestran una actitud positiva hacia el uso e integración de los simuladores en el salón de clase, pero que están carentes de adiestramiento para su uso e integración. A través del curso de robótica de la Certificación *STEM PBL*, los maestros tuvieron la oportunidad desde antes de llegar al curso, de presentarse de forma virtual a través de un video de *Flipgrid*, sumergirse en la adquisición de conocimiento alojado en línea dentro de la plataforma Moodle, utilizar diversas herramientas virtuales para apoyar su aprendizaje a través del curso, realizar avalúos mediante recursos que servían como objetos virtuales de aprendizaje. Además, experimentar el trabajo colaborativo en línea, presentar sus evidencias de proyectos realizados en portafolios virtuales, y defender sus propuestas de forma virtual mediante la realización de video-presentaciones de sus proyectos de cierre de la certificación.

### **Preguntas de investigación**

Para esta investigación cualitativa se utilizó la recomendación de Creswell y Guetterman (2019), quienes indican que se debe tener una pregunta central/general y

entre 5 y 7 subpreguntas específicas de investigación. La pregunta central de esta investigación fue: ¿Cómo fue la experiencia de un grupo de docentes en un curso con enfoque *STEM* utilizando simuladores para la enseñanza de robótica? Y las subpreguntas de esta investigación se muestran a continuación:

1. ¿Cómo influyen las competencias digitales y el conocimiento previo en el campo de Robótica en el desempeño en un curso que utiliza herramientas virtuales?
2. ¿Cómo se sintieron los docentes al utilizar simuladores para enseñar y aprender robótica?
3. ¿Cómo influye la experiencia de los docentes en un curso de robótica con simuladores en su capacidad para diseñar y adaptar actividades de aprendizaje centradas en la robótica?
4. ¿Cuáles beneficios tiene el uso de simuladores para enseñar y aprender robótica?
5. ¿Cuáles retos tiene el uso de simuladores para enseñar y aprender robótica?
6. ¿Cuáles recomendaciones ofrecen los docentes para utilizar simuladores en la enseñanza y aprendizaje de robótica?



## Definiciones

### 1. Robótica educativa *STEM*

Según González et al. (2021), se define la robótica educativa como el uso de robots y tecnologías relacionadas en entornos educativos para apoyar el aprendizaje y la enseñanza de habilidades *STEM* (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) en los estudiantes. En la robótica educativa se utilizan robots como herramientas para involucrar a los estudiantes en experiencias de aprendizaje práctico que promuevan el pensamiento crítico, la resolución de problemas, la colaboración y la creatividad. Indican las autoras que el objetivo de la robótica educativa es preparar a los estudiantes para las demandas de la fuerza laboral del siglo XXI proporcionándoles las habilidades y el conocimiento necesarios para tener éxito en un mundo cada vez más impulsado por la tecnología.

### 2. Curso a distancia

En la Certificación *Núm. 112 del 2014-2015* de la Junta de Gobierno de la Universidad de Puerto Rico se define el curso a distancia como uno que conlleva un proceso de aprendizaje formal en el cual la instrucción se imparte estando el profesor y el estudiante en lugares distintos, de manera sincrónica o asincrónica, y para el cual las tecnologías de la información y la comunicación son el enlace entre el profesor, el estudiante y la institución.

### 3. Simulador *TinkerCAD Circuits*

Es una plataforma educativa en línea de la compañía *Autodesk*, que proporciona una experiencia interactiva y virtual para diseñar, simular y poner a prueba circuitos

electrónicos y proyectos de robótica. A través de una interfaz gráfica intuitiva, los usuarios pueden arrastrar y soltar componentes electrónicos, conectarlos virtualmente y simular su funcionamiento en tiempo real. Este simulador permitió a los participantes de la certificación explorar y experimentar con conceptos de electrónica y robótica de manera virtual, sin la necesidad de equipos físicos (*Autodesk Tinker CAD*, 2023).

#### 4. Simulador *Gear Generator*

Es una plataforma de entorno virtual de robótica educativa utilizada para diseñar y simular la interacción de engranajes y sistemas de transmisión de movimiento, en un formato tridimensional. Esta herramienta permitió a los participantes de la certificación crear, configurar y visualizar engranajes virtuales, así como explorar su funcionamiento, relaciones de velocidad y torque, y efectos en los mecanismos robóticos simulados, replicando de manera virtual el proceso de diseño y experimentación con sistemas de engranajes en el mundo real (Vincze, 2022).

#### 5. Simulador *Webots Cyberbotics*

Para efectos del curso de robótica de la Certificación *STEM PBL*, este simulador sirvió como plataforma virtual que permitió a los participantes manipular las articulaciones de los robots mediante el uso de unos *sliders*. De esta manera se podía explorar los grados de libertad, alcance y las limitaciones de las diferentes partes de los robots. Además, sirvió para comparar la complejidad entre robots, analizando la cantidad de sensores y el número de motores que operaban las articulaciones (*Cyberbotics Robotics Simulation Services*, 2023).

## 6. Simulador de robótica

Un simulador de robótica es un software que permite modelar y simular el comportamiento de robots en un entorno virtual. Estos simuladores se utilizan para diseñar, poner a prueba y validar algoritmos de control, así como para evaluar el rendimiento y la eficiencia de los robots en diversas situaciones y tareas. Este tipo de simuladores también permite la introducción de robots, sensores y actuadores personalizados para facilitar su adaptación a las necesidades de cada usuario (Alemany, 2015). A través de un simulador de robótica, los usuarios pueden crear modelos virtuales de robots, programar su comportamiento y simular su interacción con objetos y otros robots en un entorno controlado. Además, los simuladores de robótica son una herramienta útil para el aprendizaje y la formación en robótica, ya que permiten a los usuarios experimentar y explorar el funcionamiento de robots sin riesgo de dañarlos o causar lesiones.

## 7. Aprendizaje basado en proyectos *STEM*

El aprendizaje basado en proyectos (*PBL* por sus siglas del inglés) con enfoque *STEM* se centra en proporcionar a los estudiantes una experiencia de aprendizaje práctica y activa, basada en la realización de proyectos que integran las áreas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas. En este enfoque educativo, los estudiantes trabajan en equipo para investigar, diseñar, construir y poner a prueba soluciones a problemas del mundo real, lo que les permite aplicar conceptos teóricos en situaciones prácticas. Los proyectos suelen estar diseñados para abordar temas contemporáneos y complejos, como la sostenibilidad ambiental, la innovación

tecnológica y el cambio climático, y requieren que los estudiantes utilicen habilidades como la resolución de problemas, el pensamiento crítico y la colaboración en equipo. El aprendizaje basado en proyectos con enfoque *STEM* es una forma efectiva de enseñar habilidades que son esenciales para preparar a los estudiantes para carreras en campos relacionados con la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas. Como ejemplo de los ejercicios que los participantes llevaron a cabo, se problematizó el asunto de conservación de agua potable para el riego de plantas y cómo el uso de sensores podía ayudar a no desperdiciar el valioso recurso. Así que se desarrolló un sistema de detección del nivel de humedad en el suelo que se ve desplegado en una pantalla. Fueron muchos los ejercicios que los participantes formados en equipos decidieron cómo aplicar los conocimientos adquiridos en un proyecto final tipo feria científica donde presentaron sus proyectos.

#### 8. Portafolio virtual de evidencias con *Google Sites*

*Google Sites* es una herramienta en línea gratuita que permite a los usuarios crear sitios *Web* y páginas *Web* de manera fácil y rápida, sin necesidad de tener conocimientos de programación. Los sitios creados con *Google Sites* pueden contener textos, imágenes, videos, formularios y otros elementos multimedia, lo que los hace ideales para crear portafolios virtuales y compartir información con un público específico.

Para que los docentes creen un portafolio virtual de evidencias de los proyectos de robótica realizados en clase, pueden utilizar *Google Sites* para evidenciar la ejecución de los proyectos realizados en clase, con imágenes y videos que demuestren el

proceso y el resultado final. También pueden incluir información adicional, como los objetivos de los proyectos, las habilidades adquiridas y los criterios de evaluación utilizados. Sobre todo, el portafolio virtual se convirtió en el contenedor de las reflexiones que sirven a la fase cualitativa de esta investigación.

*Google Sites* es una herramienta muy útil para crear portafolios virtuales de proyectos de robótica, ya que permite a los docentes compartir y presentar la información de manera atractiva y accesible para los estudiantes y otros miembros de la comunidad educativa.

#### 9. Certificación *STEM PBL*

Esta certificación forma parte del Programa de Profesionalización Acelerada del Departamento de Educación de Puerto Rico (PADE) - Impulso UPR. Este a su vez forma parte del catálogo de certificaciones de la División de Educación Continua y Estudios Profesionales (DECEP) de la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras. La misma consta de 6 cursos que se ofrecen en la siguiente secuencia:

- a. *STEM6001* - La enseñanza y aprendizaje integrando el enfoque de Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (*STEM*)
- b. 2. *STEM6002* - Integración de Ciencias y Matemáticas en la investigación con el enfoque *STEM PBL*
- c. 3. *STEM6003* - La enseñanza y aplicación de conceptos de ingeniería bajo el enfoque de *STEM*
- d. 4. *STEM6004* - La integración de la automatización y robótica con enfoque (*STEM*)

- e. 5. *STEM6005* - Seminario de evaluación y transferencia de proyectos *STEM PBL*
- f. 6. *EDUC6720* - Tecnologías para el aprendizaje

#### 10. *Google Meet*

Es una herramienta de videoconferencia que permite conectarse de manera virtual y en tiempo real para llevar a cabo clases en línea, reuniones o sesiones de tutoría.

Ofrece una interfaz intuitiva y segura que facilita la comunicación y la colaboración en tiempo real, permitiendo compartir pantallas, documentos y participar en debates interactivos. Además, brinda la capacidad de grabar las videoconferencias que quedan alojadas en una carpeta determinada llamada *Meet Recordings*. La renderización de las grabaciones fluctúa según la duración de la grabación, pero tarda relativamente poco en estar disponible para compartir o descargar (*Google, 2023*).

#### 11. *Meet Recordings*

Es una carpeta que se crea la primera vez que se graba una video conferencia con *Google Meet*. En la misma se alojan las grabaciones realizadas en *Google Meet*. La carpeta se encuentra en el primer nivel de *Google Drive* o raíz.

#### 12. *Tactiq*

Es una extensión de *Google Chrome* gratuita que permite transcribir automáticamente las reuniones de *Google Meet*, *Zoom* o *Microsoft Teams* en tiempo real. Es considerada una aplicación que utiliza inteligencia artificial. Transcribe en diferentes idiomas incluyendo español en dos variantes, Méjico y España. *Tactiq* ofrece 10 transcripciones gratuitas por mes para que puedas transcribir, editar y compartir notas de reuniones de forma gratuita. En su versión pagada sirve como repositorio de todas

las transcripciones que se hayan realizado (*Tactiq*, 2023). Al utilizar la inteligencia artificial es capaz de analizar los contenidos dentro de cada transcripción, pero no tiene la capacidad de hacer análisis cruzados entre entrevistas. También tiene la capacidad de que una vez transcrita la reunión virtual (o entrevista), uno pueda que cambie cualquier nombre y lo sustituya por un pseudónimo o código de participante, lo que es muy importante para proteger la confidencialidad de los sujetos de estudio.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### Introducción

Este capítulo presenta el estudio de la literatura que sustentó y justificó la investigación sobre la utilidad de los simuladores en la enseñanza de robótica desde la perspectiva de los docentes que tomaron el curso de Automatización y Robótica que formó parte de una certificación *STEM PBL*. Se tomó como punto de partida cada término que formaba parte del título de la investigación en sus partes principales y de ahí se conectó con otros temas secundarios. Primero se presentan los *fundamentos filosóficos para la enseñanza de Robótica Educativa* donde se abordan algunas evidencias que fundamentan el curso de robótica educativa dentro de la filosofía del constructivismo y el construccionismo. Aquí se destacan algunos de sus principales exponentes como Jean Piaget (1977) y Seymour Papert (1980).

En segundo lugar, se presenta el tema de la *utilidad de los simuladores en la enseñanza desde la perspectiva del marco conceptual TPACK*, por sus siglas traducidas al español Conocimiento Tecnológico Pedagógico del Contenido de los autores Mishra y Koehler (2006), ya que *TPACK* fue el marco conceptual principal de esta investigación.

En tercer lugar, se presentan los enfoques educativos secundarios que están relacionados al tema de la investigación. Estos son: a) *Aprendizaje en ambientes virtuales* ya que el curso fue ofrecido en modalidad a distancia, b) *Andragogía*, ya que fue ofrecido



a adultos, docentes y c) *STEM*, cuyo enfoque es la esencia del curso de robótica ofrecido en la certificación que tomaron los docentes.

### **Fundamentos filosóficos**

Aunque la robótica educativa está fundamentada en la teoría del construccionismo Seymour Papert (Vidal et al. 2022), se pueden identificar influencias de otras filosofías en este modelo, tales como el constructivismo de Piaget y Vygotsky, la propuesta pedagógica de aprender haciendo de John Dewey y el aprendizaje por descubrimiento de Jerome Bruner. Estas son filosofías con las que se podría fundamentar cualquier tarea o proyecto de construcción de prototipos robóticos. Si bien hay diferencias entre filosofías, en ocasiones me parece que éstas, yacen en una misma esquina donde lo importante es la experiencia de los niños construyendo su aprendizaje utilizando como materia prima su entorno. Es cierto que Vygotsky lo atendería desde lo social y Piaget les daría importancia a los procesos mentales, pero tienen mucho en común. A continuación, veamos más de cerca cómo se conectan algunas de estas filosofías.

Jean Piaget (1896-1980) fue un influyente psicólogo suizo que desarrolló la teoría del constructivismo, que enfatiza en cómo los individuos construyen su propio conocimiento a través de la interacción con su entorno. Su enfoque en el desarrollo cognitivo y la importancia del aprendizaje activo influyeron en la educación y la psicología del desarrollo. En esta investigación consideraremos la influencia de Piaget en diversos enfoques educativos, pero por ahora continuemos moviéndonos a otras personas de interés que coinciden con Piaget, aunque hayan tomado un giro distinto, pero muy interesante. Yo lo llamo: la evolución del constructivismo. Thornburg (2023) nos habla

de cómo Jean Piaget estaba interesado en entender mejor cómo los niños aprendían Matemáticas y para esto contrató a Seymour Papert. Así comienzan a trabajar juntos. Señala Thornburg (2023) que Seymour Papert (1928-2016), era un destacado matemático y educador sudafricano. Colaboró con Piaget y fue un defensor importante del aprendizaje constructivista. Según Ackerman (2001), Piaget y Papert son ambos constructivistas en el sentido de que ven a los niños como los constructores de sus propias herramientas cognitivas, así como de sus realidades externas. Para ellos, el conocimiento y el mundo se construyen y reconstruyen constantemente mediante la experiencia personal. Ackerman señala que, aunque Piaget y Papert creían en el constructivismo, Papert basaba su fundamento más en el concepto de "construccionismo". El construccionismo, que considero una evolución del constructivismo, se basa en que las personas aprenden mejor cuando participan en la construcción de objetos y artefactos tangibles.

En contraste con Piaget, Papert llama nuestra atención hacia el hecho de “sumergirse en” situaciones, en lugar de observarlas desde la distancia (Ackerman, 2001). Esa conexión en lugar de separación y convertirse en uno con el fenómeno bajo estudio es, en su opinión, una clave para el aprendizaje. Seymour Papert realizó significativas contribuciones a la programación de máquinas al desarrollar el lenguaje de programación “Logo”, destinado a enseñar a los niños a programar de manera intuitiva mediante comandos gráficos y conceptos de geometría. Su enfoque pionero fomentó la idea de que la programación podía ser una herramienta educativa poderosa para fomentar el pensamiento lógico y la creatividad desde edades tempranas. Papert, acompañado de

Harel añadieron nuevos elementos a los juegos de construcción “*LEGO*” y a los “Micromundos Logo”, de modo que los niños pudieran crear modelos más "activos" que integraron sensores y controladores motorizados para construir, por ejemplo: una casa *LEGO* con un sistema programable de control de la temperatura o construir formas de vida artificial y modelos móviles capaces de buscar condiciones del ambiente tales como luz o calor, o de seguirse o evitarse mutuamente. Si lo traemos a la actualidad, este es el fundamento del concepto de la Casa Inteligente.

En 2006, el Dr. Papert necesitó desarrollar un ambiente de aprendizaje de alta tecnología para un proyecto social con niños encarcelados y contrató a Gary Stager quien se apasionó con el proyecto y lo convirtió en su tesis doctoral (Thornburg, 2023).

Por su parte, Gary Stager, un educador y defensor de la tecnología en la educación, y que tuvo la oportunidad de trabajar en colaboración con Seymour Papert también ha pasado a ser una persona influyente en la promoción de la educación basada en proyectos y el uso creativo de la tecnología en el aula. Stager ha abogado por la idea de que los estudiantes deben ser productores activos de conocimiento y ha trabajado en integrar la programación y la tecnología en el currículo escolar. Stager es el fundador de *Constructing Modern Knowledge*, una organización apoyada por la *National Science Foundation* (NSF). Esta organización se dedica al desarrollo profesional de maestros en los temas de *Makers*. Fundamentada en los principios de Papert, Stager desarrolló sus proyectos, basado en lo que él llamó: “Las Ocho Grandes Ideas” que fundamentaron la experiencia de su trabajo con Papert trabajando con los niños encarcelados. Estas ideas están contenidas en el artículo *Eight Big Ideas Behind the Constructionist Learning Lab*

de Seymour Papert (1999). Papert hace alusión a que estos ocho principios son parte de la Tesis de Disertación doctoral de Gary Stager, quien al presente continúa formando maestras y maestros en las corrientes de *Makers Fab Lab*. Las grandes ideas de Papert basadas en la tesis de Stager se resumen como sigue:

1. *Aprender haciendo*: Aprendemos mejor cuando la educación está vinculada a actividades interesantes y cuando creamos lo que deseamos.
2. *Tecnología como material de construcción*: La tecnología permite hacer cosas más interesantes y aprender al usarla, especialmente en tecnología digital como computadoras y *LEGO*.
3. *Diversión desafiante*: El aprendizaje y el trabajo son más efectivos cuando disfrutamos lo que hacemos, incluso si es desafiante, como en el deporte o los negocios.
4. *Aprender a aprender*: La autodirección es clave para el aprendizaje; no podemos depender solo de ser enseñados.
5. *Gestión del tiempo*: La habilidad de manejar nuestro propio tiempo es esencial para lograr tareas importantes.
6. *Aprender de los errores*: El fracaso es parte del éxito, y debemos analizar errores para mejorar.
7. *Experiencia compartida*: Aprender es un proceso constante y desafiante; debemos modelar la lucha por aprender.
8. *Era digital*: El conocimiento en tecnología digital es fundamental, pero también debemos usarla ahora para aprender otros temas.

Podemos concluir que la relación entre Jean Piaget, Seymour Papert y Gary Stager radica en que los tres parten de un enfoque constructivista, la importancia del aprendizaje activo y la integración de la tecnología en la educación. Piaget influyó en Papert, quien a su vez influyó en las ideas de Stager, evolucionando al construccionismo y eventualmente a lo que hoy en día llamamos *Makers Lab*.

### **Enfoques educativos**

#### **Principios de la Andragogía**

Ya que los participantes de la Certificación *STEM PBL* fueron adultos con experiencias y conocimientos previos, a la hora del diseño del curso, fue importante tomar en consideración los principios de Andragogía cuando se enseña a adultos. Según Yturralde (2013), los principios de la Andragogía de Knowles son: Participación, Horizontalidad y Flexibilidad.

#### ***Participación***

El aprendiz adulto no es un ente pasivo que se sienta a recibir de quien da la clase. Trae consigo la experiencia; una vida para compartir. Recibe y aporta al conocimiento construyendo con los demás, interactuando en el espacio de aprendizaje, sea presencial o virtual. El rol del docente es el de facilitador y debe estimular la participación de los estudiantes y así enriquecer los entornos de aprendizaje aprovechando la Inteligencia Cristalizada.

Según Yturralde (2013), la Inteligencia Cristalizada es un concepto propuesto por Raymond Cattell. Trata sobre capacidades y conocimientos que constituyen el grado de desarrollo cognitivo logrado por cada individuo mediante su historia de aprendizaje a

través de su vida. La Inteligencia Cristalizada es el conjunto de capacidades, estrategias y conocimientos que constituyen el grado de desarrollo cognitivo logrado mediante la historia de aprendizaje de una persona.

La inteligencia cristalizada depende en alto grado del aprendizaje obtenido de la experiencia de la persona en el contexto cultural en que vive y se relaciona. El desarrollo de la inteligencia cristalizada de cada persona depende de que invierta su inteligencia fluida histórica en hábitos que le permitan aprender cosas nuevas. El potencial de desarrollo intelectual con el que nacemos (llamado inteligencia fluida histórica) logrará un nivel más o menos dependiendo de las experiencias educativas durante la vida (Yturralde, 2013).

El desarrollo de las capacidades intelectuales puede progresar durante la vida según el contexto vivencial y la motivación de la persona por seguir aprendiendo lo permitan.

### ***Horizontalidad***

El Principio de Horizontalidad se fundamenta en principios de equidad desde una mirada basada en las características cualitativas similares en torno a su calidad de adulto y experiencia previa en la vida (Knowles (1970), como se citó en Yturralde, 2013). Cuando el docente utiliza esta estrategia imparte confianza y seguridad entre los participantes ya que valida la experiencia y a su vez ayuda al participante en su auto estima aprendiendo a valorar las experiencias adquiridas a través de su vida. Cuando se trabaja en clase con este principio, se está rompiendo con la tradicional “verticalidad” donde el Instructor enseña desde arriba hacia abajo a sus estudiantes.

### ***Flexibilidad***

Según Knowles (1970, como se citó en Yturralde, 2013), el principio de Flexibilidad se fundamenta en entender que los adultos tienen diversas responsabilidades laborales, familiares y situaciones económicas diferentes lo cual nos invita a la flexibilidad en los horarios por estas mismas responsabilidades como adultos. La flexibilidad se aplica en entender igualmente que, al ser diferentes, los adultos necesitamos tiempos diferentes para los procesos de “Asimilación” y “Acomodación” de sus aprendizajes relacionados con sus aptitudes, capacidades y destrezas. De aquí que la educación en línea autodirigida fuera una de las fuertes recomendaciones de Knowles, ya que, con los avances de la tecnología, las posibilidades de acomodo están disponibles. Es solo cuestión de utilizar las herramientas y diseñar considerando al adulto.

### **Conocimiento Tecnológico Pedagógico del Contenido (*TPACK*)**

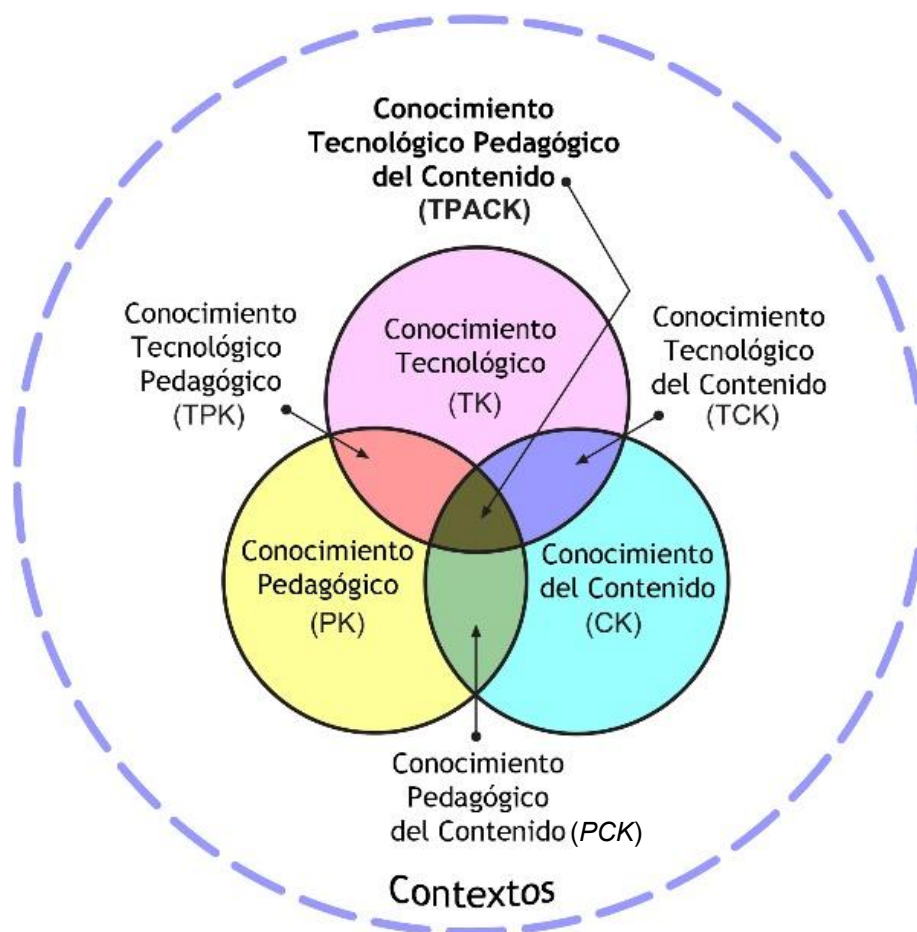
El uso de simuladores y otras tecnologías del aprendizaje tienen verdadera cohesión cuando hablamos del enfoque pedagógico *TPACK* (por sus siglas en inglés, *Technological Pedagogical Content Knowledge*). Mishra y Koehler definieron este enfoque como la interconexión entre saberes que debe tener el docente para enseñar una materia en el siglo 21. *TPACK* tuvo su fundamento en la propuesta de Shulman (1986) sobre la importancia de que un maestro tuviera conocimientos pedagógicos que complementaran los conocimientos de la materia de especialidad que enseñaban. Así nace la primera unión de saberes: el Conocimiento Pedagógico del Contenido (*PCK*).

En la Figura 2.1 se muestra el modelo que sirve de base al enfoque pedagógico *TPACK* de Mishra & Koehler. Según el modelo *TPACK*, para enseñar hay tres

conocimientos medulares que se deben tener: el Conocimiento del Contenido (por sus siglas en inglés, *CK*), el Conocimiento Pedagógico (por sus siglas en inglés, *PK*) y el Conocimiento Tecnológico (por sus siglas en inglés, *TK*).

Figura 2.1

*Modelo del enfoque pedagógico TPACK (Mishra & Koehler, 2006)*



Además, Mishra y Kohler (2006), distinguen los conocimientos que se encuentran en las intersecciones de estos tres saberes: Conocimiento Tecnológico del Contenido (por sus siglas en inglés, *TCK*) Conocimiento Tecnológico Pedagógico (por sus siglas en



inglés, *TPK*) y Conocimiento Pedagógico del Contenido (por sus siglas en inglés, *PCK*). Finalmente, en el centro es donde los tres coinciden y ese es *TPACK*, el Conocimiento Tecnológico Pedagógico del Contenido.

En la intersección de los tres saberes es que el maestro del siglo 21 se encuentra preparado para enfrentar los retos del nuevo paradigma educativo que integra las tecnologías que la *Web 2.0* y las nuevas tecnologías tendrán para ofrecer. Cuando hablamos de las competencias digitales del maestro del siglo 21, nos referimos no solo a conocer las tecnologías *Web 2.0*, sino también a estar al tanto y saber utilizar las nuevas tecnologías que emergen constantemente. La educación en el siglo 21 se beneficia, según Trujillo (2022), de un amplio espectro de tecnologías digitales que incluyen, pero no se limitan a:

- Realidad Aumentada (RA) y Realidad Virtual (RV): Estas tecnologías ofrecen experiencias inmersivas que pueden transformar la enseñanza y el aprendizaje, permitiendo a los estudiantes explorar mundos virtuales o superponer información digital en el mundo real.
- Inteligencia Artificial (IA): La IA puede personalizar el aprendizaje, proporcionar asistencia y tutoría automatizada, y ofrecer análisis predictivos para mejorar los resultados educativos.
- Tecnologías Educativas Móviles: El uso de dispositivos móviles y aplicaciones educativas permite un aprendizaje ubicuo y accesible en cualquier momento y lugar.

- Herramientas de Colaboración en Línea: Plataformas como *Google Workspace for Education* y *Microsoft Teams*, facilitan la colaboración y comunicación entre estudiantes y docentes.
- Big Data y Análisis de Aprendizaje: La recopilación y análisis de grandes volúmenes de datos sobre el aprendizaje de los estudiantes puede ayudar a mejorar las estrategias pedagógicas y los resultados educativos.

Además, el Marco de Competencias de las TIC para Maestros (ICT-CFT) de la *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO)* proporciona un marco actualizado para la formación docente en el uso de tecnologías digitales, abarcando competencias digitales presentadas en tres niveles de mayor sofisticación (*UNESCO, 2023*).

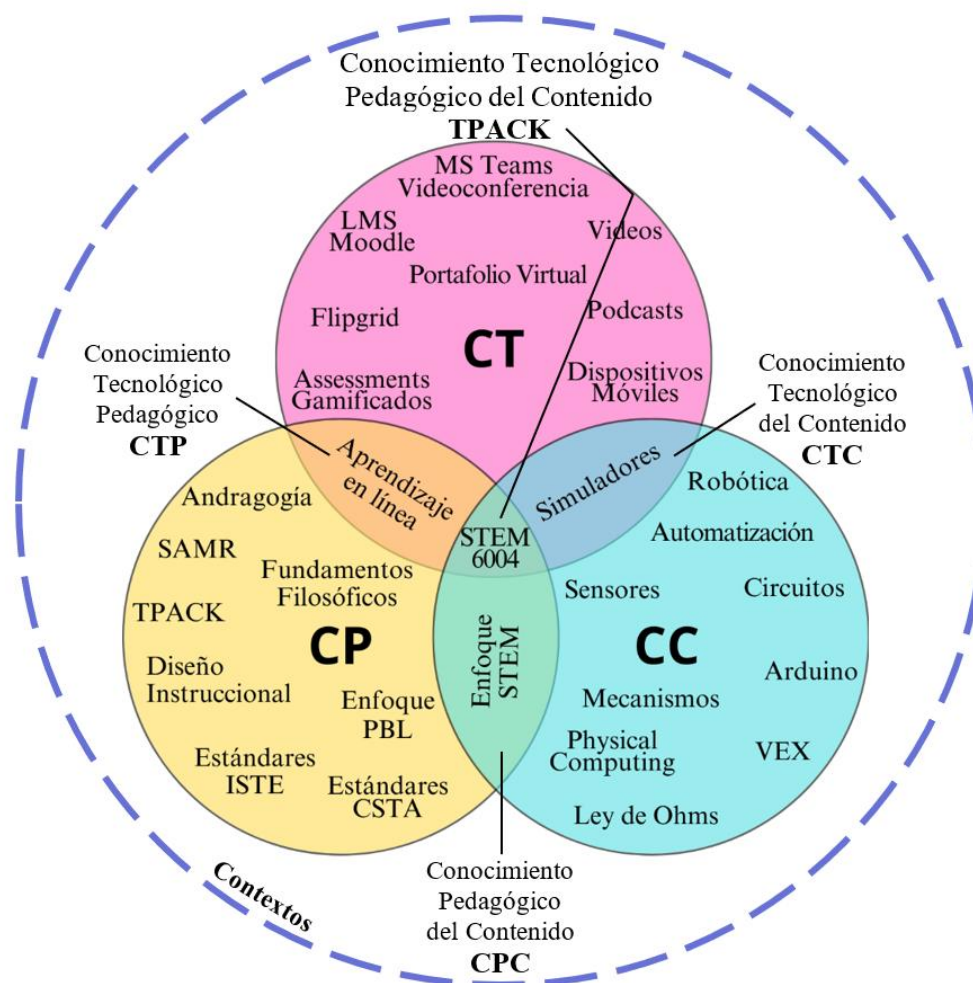
Es importante que los educadores se mantengan al día con estas tecnologías emergentes y las integren de manera efectiva en sus prácticas pedagógicas para enriquecer la experiencia de aprendizaje de los estudiantes.

En la Figura 2.2 se observa el Modelo *TPACK* de Mishra y Koehler (2006) aplicado al curso *STEM 6004: Automatización y Robótica con enfoque STEM*. En el mismo se describen los saberes o conocimientos que debe tener el docente desde el aspecto del contenido de la materia de Robótica y Automatización, los conocimientos pedagógicos para diseñar y ofrecer un curso del Área de Tecnología Educativa a maestros del Departamento de Educación y los conocimientos tecnológicos necesarios para ofrecer y administrar un curso a distancia, incluyendo el desarrollo de actividades sincrónicas y asincrónicas. Veamos el modelo aplicado al curso *STEM6004*.

Figura 2.2

*Modelo TPACK de Mishra y Koehler (2006) aplicado al curso STEM 6004:*

*Automatización y Robótica con enfoque STEM*



*Nota.* Modelo TPACK de Mishra y Koehler adaptado por Milland (2024)

En esta ocasión se han cambiado las siglas al español, CC para Conocimiento del Contenido, CP para Conocimiento Pedagógico y CT para Conocimiento Tecnológico. Examinando el círculo azul se observan los conocimientos del contenido CC o materia que un maestro debe poseer; en el caso del curso *STEM6004* cuya materia es Robótica y

Automatización, se espera que el maestro conozca los fundamentos de robótica, automatización y sus aplicaciones, programación y abstracciones como el uso de variables, ciclos y condicionales. También, debe conocer sobre circuitos y sus fundamentos en la Ley de Ohm saber cómo operan los sensores en términos de cómo se conectan y si son análogos o digitales. Además, debe tener algunos conocimientos básicos de mecanismos, estructura, diseño de engranajes y transmisión de movimiento. Por último, debe saber cargar un programa en un sistema físico, conectar cables, sensores y dispositivos de salida como un monitor o pantalla *LCD (Liquid Crystal Display)* que permita al usuario ver los valores registrados por los sensores y el código de programación.

Si pasamos al círculo amarillo ahora estaríamos hablando de los Conocimientos Pedagógicos (CP), que debe tener el maestro, tales como: 1) la Andragogía ya que el curso va dirigido a adultos docentes. 2) Diseño instruccional, aprendizaje virtual y aprendizaje híbrido. 3) Estándares de Tecnología Educativa de la *International Society for Technology in Education (ISTE)* y del Departamento de Educación, 4) Estándares de la Materia del *Computer Science Teachers Association (CSTA, 2023)* y posiblemente los estándares de contenido de Ciencias Físicas relacionados al tema de la electricidad. A esto hay que añadirle 5) el conocimiento de los enfoques pedagógicos de Aprendizaje Basado en Proyectos y el enfoque *STEM*.

El último círculo, el rosa, muestra las diversas tecnologías empleadas en el curso *STEM6004* que forman parte del el Conocimiento Tecnológico (CT). Conectar con el conocimiento tecnológico suponía retos donde necesitaría adiestrarse al maestro en

plataformas virtuales, simuladores u otras herramientas idóneas para enseñar los contenidos de su materia. Así, aparte de aprender a usarlas, tendría que validar si las herramientas eran buenas para cumplir los objetivos de aprendizaje. Por lo tanto, el maestro tuvo que convertirse en un diseñador creativo que aprendiera a adaptar las tecnologías adecuadas a contextos específicos.

Entre las tecnologías utilizadas se encuentran: el sistema de gerencia del curso mediante Moodle (LMS, por sus siglas en inglés, *Learning Management System*), *MS Teams* como plataforma de reuniones virtuales del curso, el portafolio virtual como diario reflexivo, el uso de videos, y *Assessments Gamificados*. El uso de estas plataformas es congruente con el enfoque conectivista y el aprendizaje en red propuestos por Siemens y Downes (2005, 2010), en donde se facilitan los enlaces a diversos nodos de conocimiento, entre personas o entre personas y plataformas/recursos virtuales. En el caso de los *Assessments Gamificados*, entre las plataformas utilizadas estuvo *Word Wall*, donde se pueden crear exámenes con un formato de selección múltiple sencillo y cuando la persona va a realizar la prueba puede cambiarle el formato a uno tipo videojuego o espacio gamificado en donde es premiado con puntos, estrellas o trofeos. La investigación sugiere que los currículos que incorporan técnicas de gamificación y actividades prácticas tienden a resultar en mayores niveles de motivación y compromiso estudiantil (Clark & Mayer, 2016). Además, por ser tipo *Assessment*, motiva al usuario a seguir practicando hasta obtener una puntuación perfecta. Estas pruebas permiten que la persona se conecte y continúe aprendiendo.

Por último, las asignaciones en donde se requería la creación de videos con *Flipgrid* y *Podcasts* para presentar los procesos y hallazgos de las investigaciones realizadas por los participantes también formaron parte del aprendizaje en red y la utilización de las redes sociales para difundir información.

Ahora bien, si nos movemos a las intersecciones de los círculos, vemos el ejemplo entre Conocimientos del Contenido (Materia) y Conocimiento Pedagógico cuando hablamos del Enfoque *STEM* y entre el Conocimiento Pedagógico y Tecnológico identificamos el Aprendizaje híbrido que utilizan las diversas plataformas en línea. Por último, podemos ver la intersección entre el Conocimiento del Contenido y el Conocimiento Tecnológico al saber cómo utilizar cada uno de los simuladores que sustituyen las experiencias concretas. En el caso del curso *STEM 6004*, el Simulador de Circuitos *AutoCAD Circuits*, el simulador de engranajes *Gear Generator*, el simulador de articulaciones *Webots Cyberbotics* y el simulador *VEXcode VR*. Conocer cómo se aplican a los diversos conceptos del curso es esencial para poderlos integrar. Es decir, hay que conocer a cabalidad cada plataforma para luego poder guiar a los estudiantes a una experiencia exitosa.

### **Competencias digitales del docente del Siglo XXI**

Uno de los marcos o *frameworks* que más ampliamente abarca las diversas competencias que debe tener un ciudadano de siglo 21 es el de *DigComp*, por sus siglas en inglés *Digital Competence Framework for Citizens*. Este marco desarrollado por la Comisión Europea define las habilidades digitales que se consideran esenciales para los ciudadanos en la era digital. Según Moreno (2022), este marco se creó con el objetivo de

promover la competencia digital en Europa y mejorar la alfabetización digital de la población.

El *DigComp* se divide en cinco áreas principales de competencia digital:

1. Información y Datos (*Information and Data*): Esta área se refiere a la capacidad de buscar, recuperar, evaluar y gestionar información digital de manera efectiva y ética. Incluye la capacidad de evaluar la calidad de la información en línea y proteger la privacidad de los datos.
2. Comunicación y Colaboración (*Communication and Collaboration*): Aquí se trata la capacidad de comunicarse, colaborar y participar en la sociedad digital. Incluye el uso de herramientas de comunicación en línea, la colaboración en entornos virtuales y la participación en comunidades en línea.
3. Creación de Contenido Digital (*Content Creation*): Esta área se centra en la capacidad de crear y editar contenido digital de manera efectiva, lo que incluye la producción de texto, imágenes, audio y video, así como la comprensión de los principios de propiedad intelectual.
4. Seguridad (*Safety*): Se refiere a la capacidad de protegerse a sí mismo y a los demás en línea, comprendiendo las amenazas en línea, manejando la seguridad de datos y respetando las normas éticas en línea.
5. Solución de Problemas (*Problem Solving*): Esta área implica la capacidad de utilizar herramientas y recursos digitales para abordar problemas y desafíos de manera eficaz. Incluye la resolución de problemas técnicos y la toma de decisiones basadas en datos.

El *DigComp* es utilizado por diferentes países europeos y organizaciones como referencia para evaluar y desarrollar las habilidades digitales de la población. Además, se adapta a diferentes niveles de competencia, desde principiantes hasta expertos, lo que permite una evaluación y desarrollo progresivo de las habilidades digitales. Tanto, los Estándares *ISTE* (2016) como el modelo europeo *DigComp* (Misheva, 2021; *European Commission*, 2019), establecen entre sus estándares que el docente del siglo 21 tenga la capacidad de crear contenidos digitales. Europa comenzó a utilizar los estándares *DigComp* en el año 2013. El Marco Europeo de Competencias Digitales para Ciudadanos, conocido como *DigComp*, proporciona una estructura común para entender de qué trata esta competencia digital (Galván, 2022).

### **Robótica educativa**

Entre los conceptos que rodean el aprendizaje de Robótica como recurso educativo, están: el permitir que el estudiante manipule modelos físicos en una plataforma virtual donde los estudiantes pueden construir y programar prototipos robóticos. Según Area (2017), las propuestas con robótica y programación tienen un potencial educativo muy grande, por la complejidad de las operaciones relacionadas a la manipulación de un objeto tecnológico y, al mismo tiempo, a la determinación de órdenes a través de códigos de programación, donde no son solo usuarios/as, sino que tienen una posición activa relacionada con el diseño y la creación. Area (2017) señala que no se trata sólo de una práctica didáctica relevante, sino de un campo de estudio emergente en el que entran en juego conceptualizaciones nuevas y actividades relacionadas con los *Makerspaces* (espacios de construcción), la programación y la robótica educativa.



Los estudios muestran diversos enfoques pedagógicos para fundamentar las experiencias formativas con simuladores, entre estas: el pensamiento computacional propuesto por Jeannette Wing (2010), el aprendizaje por descubrimiento propuesto por Jerome Bruner (Eleizalde et al., 2010), el aprendizaje significativo de David Paul Ausubel (1976), el aprendizaje basado en experiencias propuesto por John Dewey(1938), el construccionismo propuesto por Seymour Papert y los movimientos de *Makerspaces* que cada vez gana mayores adeptos.

Es importante señalar que el movimiento de *Makerspaces*, aunque tiene origen en el constructivismo, tiene su propio nicho como enfoque educativo en el construccionismo para el que podemos identificar teóricos como: Papert, Harel y Stager. En un estudio comparativo entre el constructivismo de Piaget y el construccionismo de Papert, Ackermann (2001) señala que el constructivismo de Piaget nos proporciona una ventana sobre aquello en lo que se interesan los niños(as) y son capaces de lograr, en diferentes etapas de su desarrollo y las explicaciones del mundo de los niños, mientras que el construccionismo de Papert se centra más en el arte de aprender, o de “aprender a aprender”, y en la relevancia del hacer cosas *Making Things* en el aprendizaje. Papert está interesado en cómo los que aprenden se involucran en una conversación con los artefactos (propios o hechos por otras personas), y en cómo estas conversaciones potencian el aprendizaje dirigido por ellos mismos y en última instancia facilitan la construcción de nuevo conocimiento. Además, enfatiza la importancia de las herramientas, del medio y del contexto en el desarrollo humano. La integración de ambas perspectivas ilumina el proceso por el que los individuos dan sentido a sus experiencias, optimizando gradualmente sus

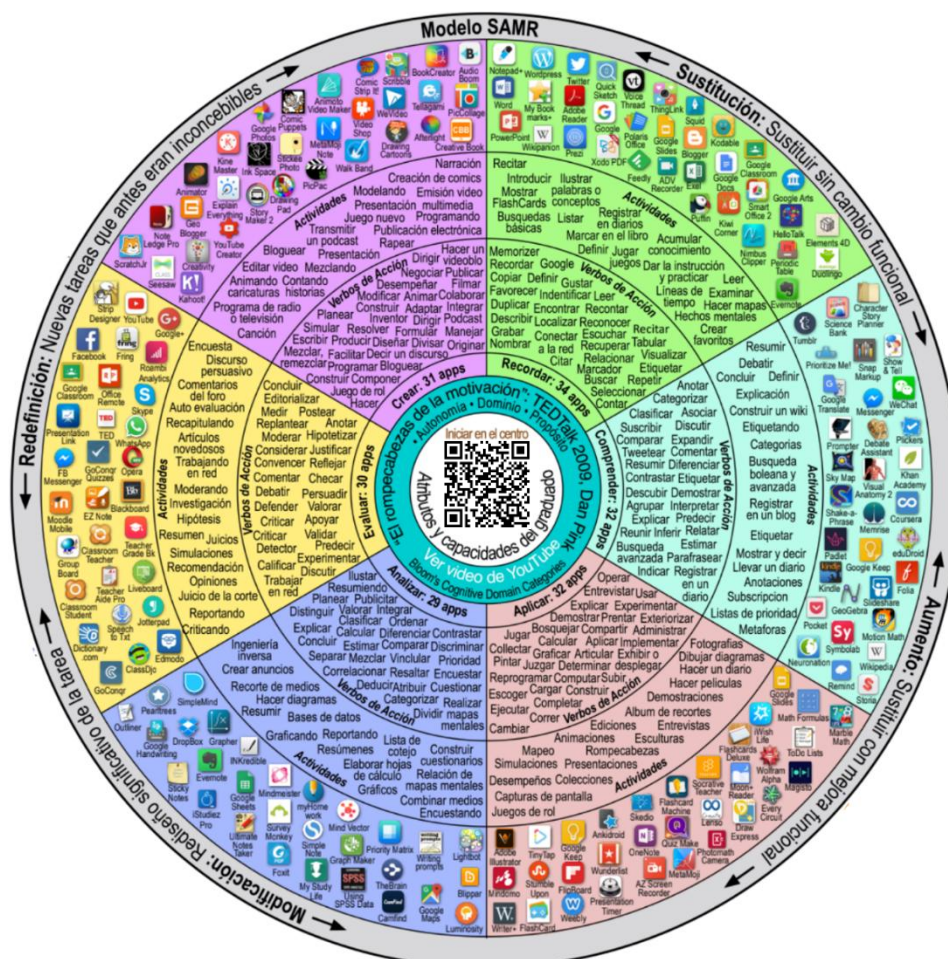
interacciones con el mundo. Papert fue el primero en proponer que en vez de que la computadora programara a los niños (instrucción programada), deberían ser los niños los que programaran a la computadora y al hacerlo se convertirían en epistemólogos pues le estarían enseñando a una máquina poco inteligente a hacer las cosas y en el camino refinarían su propio pensamiento (Redlate, 2020; Ackermann, 2001; Blikstein, 2018).

### **Modelo SAMR de Rubén Puentedura**

En coyuntura con el planteamiento de Papert sobre que los niños enseñaran a la computadora a hacer las cosas, me parecería inaceptable dejar fuera de esta revisión bibliográfica al Modelo *SAMR* (*Substitution, Augmentation, Modification and Redefinition*) de Rubén Puentedura, desarrollado en 2010 y publicado en 2014, donde se fomenta el uso de la tecnología dirigido a la transformación y redefinición del aprendizaje mediante el uso de diversas aplicaciones. Entiéndase por aplicaciones, las diversas *apps o plataformas* disponibles tanto para computadoras como para dispositivos móviles. Este modelo, sirve de marco conceptual en las nuevas revisiones de la Taxonomía de Bloom desde el punto de vista de sus alumnos: Anderson y Krathwohl. En realidad, las aportaciones de estos teóricos, expertos en sus respectivas áreas, han revolucionado la educación del siglo 21. En la Figura 2.3 se muestra, la Rueda de Pedagogía en su quinta revisión, desarrollada por Allan Carrington, la cual integra el modelo *SAMR* de Puentedura y la Taxonomía de Benjamín Bloom revisada por sus discípulos, Anderson y Krathwohl, en 2001.

Figura 2.3

Rueda de Pedagogía V5



Nota: Modelo de Allan Carrington basada en el Modelo SAMR y la Taxonomía de Bloom revisada por Anderson y Krathwol (Versiones de la rueda desde 2009 a 2016).

En los bordes de la rueda de pedagogía en su 5ta versión, se observan los niveles del Modelo SAMR (Sustitución, Aumento, Modificación y Redefinición):

Nivel de Mejoras

1. Sustitución – Sustituir sin cambio funcional.
2. Aumento – Sustituir con mejora funcional.

### Nivel de Transformación

3. Modificación – Rediseño significativo de la tarea.
4. Redefinición – Nuevas tareas que antes eran inconcebibles.

Permítame explicarlo de una forma más cotidiana, según narrado en *Common Sense Education* (2016). Imagine que le asigna a un estudiante que escriba un libreto para una obra de teatro. (Nivel 1 Sustitución) Si en lugar de lápiz y papel, usara la computadora, solo cambiaría el medio, aunque no obtuviera ningún beneficio. (Nivel 2 Aumento) Si el programa que usara fuera un procesador de texto con capacidades como el tesauro, correctores gramaticales, las posibilidades de aumentar el tamaño del texto, entre otros, tendría un aumento en la funcionalidad de la tecnología. (Nivel 3 Modificación) Si el documento estuviera en la nube y otros compañeros pudieran apoyar al estudiante a escribir el libreto de la obra teatral, esto se convertiría en una tarea rediseñada significativamente por las funcionalidades de la colaboración y comunicación de la *Web 2.0*. Por último, (Nivel 4 Redefinición), imagine que ahora estos jóvenes graban en su canal de *YouTube* la obra y la comparten a través de las Redes Sociales, Códigos *QR* o le añaden algo de Realidad Aumentada. Ya estaríamos hablando de una transformación total de la tarea de inicio, en donde el potencial de la misma se ha elevado a otro nivel. Estos últimos dos son los niveles de transformación del Modelo *SAMR* de Rubén Puentedura.

Esta combinación del Modelo *SAMR* con la Taxonomía revisada de Bloom ayudan al docente del siglo 21 a establecer objetivos y expectativas claras al integrar el uso de tecnologías. La Taxonomía de Bloom en la Era Digital brinda muchos beneficios, por ejemplo: (1) uso de redes sociales favoreciendo la colaboración, (2) uso de editores de

video para mejorar la presentación de un video, y (3) por ser un marco referencial a nivel docente que permite fijar de forma clara y concisa los objetivos formativos o resultados de aprendizaje (Cuenca et al., 2021).

### **Enfoque *STEM***

*STEM* es un acrónimo, comúnmente utilizado para describir la educación o la práctica profesional en las áreas de Ciencia (*Science*), Tecnología (*Technology*), Ingeniería (*Engineering*) y Matemáticas (*Mathematics*). La educación *STEM* es un enfoque interdisciplinario del aprendizaje en el que se aplican conceptos académicos junto con lecciones del mundo real a medida que los estudiantes aplican ciencia, tecnología, ingeniería, y matemáticas en contextos que establecen conexiones entre la escuela, la comunidad, el trabajo y la empresa global y permite la capacidad de competir en la nueva economía (Departamento de Educación, 2016, p. 22). Los retos del siglo XXI exigen profesionales altamente cualificados que posean las competencias, destrezas, actitudes y conocimientos necesarios para responder a la necesidad del mercado laboral. Por ello, introducir en los currículos competencias cognitivas, sino globales para integrar de forma transversal el desarrollo de actitudes, valores y conductas y la integración de las competencias digitales para responder a las demandas actuales (OEI, 2020).

### **Enfoque *STEM PBL***

El Aprendizaje basado en Proyectos (en adelante, ABP) es un método inspirado en las ideas de John Dewey sobre una enseñanza activa centrada en el aprendiz. Fue desarrollada y sistematizada por William H. Kilpatrick en 1918 (Torras et al., 2021; Domènech, 2018). El ABP es un método de enseñanza-aprendizaje que parte de un reto a

partir del cual se construyen los aprendizajes como una necesidad de solucionarlo, potenciando así, tanto la adquisición de conocimientos como el desarrollo de competencias, actitudes y valores. A través de investigaciones se ha descubierto que el ABP favorece la motivación del alumnado, estimula el aprendizaje profundo y las habilidades de resolución de problemas (Pellegrino y Hilton, 2012). Por su parte, Domènech (2018), señala que la resolución del problema, en un contexto auténtico ha sido ampliamente utilizado para trabajar objetivos *STEM*. Además, señala que en el concepto ABP original de Kilpatrick los proyectos base pueden dividirse en cuatro categorías: Elaborar un producto, Resolver un problema, Disfrutar de una experiencia estética y Obtener un conocimiento. Domènech (2018) lo representa gráficamente como se observa en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1

*Ejemplo de metodologías a emplear para resolver un problema, según la instancia y tipos de Kilpatrick*

Instancia	Tipos de Kilpatrick	Ejemplos de Metodologías
Queremos hacer	Elaborar un producto	“ <i>Design Thinking</i> ”
	Resolver un problema	Controversias Estudio de Casos Aprendizaje-Servicio Ciencia Ciudadana
	Disfrutar de una experiencia estética	<i>STE[A]M</i>
Queremos saber	Obtener un conocimiento	Indagación y Modelización

*Nota.* Tomado de Domènech (2018, p. 32).

Una de las estrategias instruccionales comúnmente utilizadas en contenidos *STEM* es el Aprendizaje Basado en Proyectos, en adelante *PBL*. Esta estrategia se centra en fomentar el desarrollo de las competencias científico-matemáticas, así como la integración de la competencia digital en la búsqueda de información y uso de software. Además, se desarrollan las habilidades de investigación, pensamiento crítico, solución de problemas, destrezas de comunicación, colaboración y creatividad.

El Departamento de Educación de Puerto Rico propone estándares para cursos con enfoque *STEM*. Estos son: aprender y aplicar contenidos rigurosos de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas; integrar contenido de ciencia tecnología, ingeniería y matemáticas; interpretar y comunicar información de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas; participar en la investigación; participar en el razonamiento lógico y aplicar la tecnología a nivel estratégico.

De la misma forma, el Departamento de Educación de los Estados Unidos, junto a un grupo de instituciones educativas, creó en el 2015 una visión de *STEM 2026*, que incluye seis componentes interconectados:

1. Comunidades de práctica comprometidas y en red.
2. Actividades de aprendizaje accesibles que invitan al juego intencional y al riesgo.
3. Experiencias educativas que incluyen enfoques interdisciplinarios para resolver "grandes desafíos."
4. Espacios de aprendizaje flexibles e inclusivos respaldados por tecnologías innovadoras

5. Medidas de aprendizaje innovadoras y accesibles
6. Imágenes y entornos sociales y culturales que promueven la diversidad y oportunidad en *STEM*.

De acuerdo con el Departamento de Educación de Puerto Rico (2016), los retos del siglo XXI exigen que los profesionales del presente y del futuro demuestren las competencias, destrezas, actitudes y conocimientos necesarios para atender las necesidades de una economía global. La educación debe responder a la necesidad del mercado proporcionando mano de obra preparada académicamente para funcionar eficazmente en un entorno laboral. Actualmente, se requieren profesionales altamente cualificados en el área de las ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas.

Los educadores *STEM* deben conocer la relación entre dominios: alfabetización científica, alfabetización tecnológica, pensamiento matemático y el proceso de ingeniería ya que esto ayudaría a cerrar las brechas económicas, éticas y de género que se asocian con los campos de la ciencia y la tecnología; esto debido a la correlación a los primeros esfuerzos de este programa para promover que las niñas y las minorías seleccionen carreras en estos campos (Rojas y Gras, 2023).

### ***STEM PBL y habilidades blandas***

**Pensamiento computacional.** En su concreción en la práctica, el término *STEM* parece actuar como un paraguas poco selectivo en el que también se cobijan las llamadas “*soft skills*” o habilidades prácticas vinculadas a la autonomía, como el trabajo en equipo, la creatividad o el pensamiento crítico (Torras et al., 2021). En nuestro caso, el pensamiento computacional ocupa el lugar del pensamiento crítico ya que el ejercicio de



programar es uno de toma de decisiones, de algoritmos y diseño. Todas estas están basadas en el pensamiento crítico a la hora de resolver problemas y diseñar prototipos que resuelvan un problema de la vida real.

**Trabajo colaborativo.** El trabajo colaborativo se considera para algunos autores como un aspecto esencial del ABP, que debe estar presente en todas las fases del proceso, ya que permite el intercambio de ideas, favorece la síntesis y compartir conocimientos (Krajcik y Shin, 2014, según citado en Torras et al., 2021). Este tipo de trabajos permite, además, que los estudiantes trabajen de forma colaborativa y se sientan empoderados al utilizar estrategias efectivas para resolver problemas (Torras et al., 2021). En el caso de la Certificación *STEM PBL*, desde el primer curso, los participantes fueron asignados a equipos de trabajo, buscando propiciar las destrezas de colaboración y el trabajo en equipo. Por otro lado, la administración del proyecto (DECEP) creó un chat de *WhatsApp* que sirvió de canales de comunicación instantánea entre los participantes. A este chat se iba añadiendo cada nuevo profesor cuando comenzaba la fecha de su curso.

**Motivación, curiosidad y creatividad.** Algo que la administración de la Certificación *STEM* siempre cuidó fue el darles seguimiento a los participantes y mantenerlos motivados. Para esto, había una persona encargada de hacer llamadas si alguno se ausentaba. Por parte mía como profesora, siempre dediqué tiempo en el diseño de actividades y el uso de aplicaciones de corte gamificado para hacer *Assessment*. Según Torras et al. (2021), las emociones son clave en los procesos de aprendizaje. Ellas señalan que la motivación, la curiosidad y la atención vienen asociadas y por ello es importante generar un vínculo emocional con el reto a resolver, favorecer la autonomía,

la toma de decisiones del alumnado y estimular la creatividad. La creatividad consiste en la capacidad para encontrar diferentes alternativas para solucionar problemas e interpretar situaciones. Actualmente, se describe como una competencia esencial del siglo XXI (Pellegrino y Hilton, 2012).

Otra herramienta virtual incluida en el curso fue el portafolio digital, ya que se evidenciaban los diseños y proyectos realizados por los participantes y las reflexiones que permitían saber cómo se sentían: emocionados, curiosos y motivados o si pudieran revelar problemas utilizando las plataformas empleadas en el curso.

### ***Nuevas variaciones del acrónimo STEM: STEAM, STREAM y STR3EAM***

Nuevas variantes han surgido en los últimos años donde educadores de distintas materias han buscado incorporar sus áreas en el concepto *STEM*. Este es el caso de *STEAM* que incorpora la A (por Artes), *STREAM* que incorpora la lectura (*Reading*) y *STR3EAM* que le da un triple significado a R por: Lectura, Investigación y Robótica (*Reading, Research and Robotics*). En lo que no concuerdo con Domènech (2018), es que él entiende que añadir la A de Artes ha vuelto el panorama más complejo porque entiende que éstas cuadran mal con la incorporación de la robótica y la programación como estandartes *STEM*. Yo pienso que no cuadran mal, sino todo lo contrario. Dentro de los proyectos que utilicé con los participantes de la Certificación *STEM PBL*, varios de los proyectos iban dirigidos a integrar las Artes y considero que los participantes disfrutaron mucho de los mismos.

## **CAPÍTULO III**

### **MÉTODO**

#### **Introducción**

En el capítulo III se aborda el enfoque metodológico que guio esta investigación sobre la experiencia de unos docentes que tomaron un curso a distancia utilizando simuladores en lugar de equipos físicos para aprender robótica. Se optó por la metodología cualitativa con diseño de Análisis Fenomenológico Interpretativo (AFI), para explorar las vivencias y percepciones de los maestros y así lograr una comprensión holística de su experiencia con los simuladores durante el curso a distancia y luego al transferirla a sus salones de clase de forma presencial. A lo largo de este capítulo, se expondrán los procedimientos llevados a cabo para recopilar, codificar y analizar la información cualitativa obtenida utilizando como técnica la entrevista semiestructurada. También se comparten los logros, las dificultades confrontadas y cómo fue la experiencia de enseñanza/aprendizaje con sus estudiantes, usando los simuladores.

Con este propósito, se utilizó la recomendación de Creswell y Guetterman (2019) y Mertens (1998) quienes indican que se debe tener una pregunta central general y entre 5 y 7 subpreguntas específicas de investigación. Además, en este capítulo, se presenta el enfoque metodológico y el diseño seleccionado. También, se describe a los participantes y los criterios establecidos para la selección de estos. Finalmente se presentan las técnicas para la recopilación de la información requerida para el análisis y cómo se llevó a cabo el proceso para adquirir la misma.

## Metodología

La razón principal para optar por la metodología cualitativa fue la naturaleza del problema de investigación. Recordemos que, en nuestro caso, los maestros que tomaron el curso de robótica a distancia no contaron con equipos físicos con los cuales hacer sus ejercicios de práctica. Por eso, la profesora del curso de Robótica que tomaron en línea tuvo que integrar como estrategia diversos simuladores buscando proveerles una experiencia lo más cercana posible a la realidad. El problema identificado fue que se desconocía la percepción de los maestros sobre la integración de los simuladores en su aprendizaje inicial y el impacto al poner en práctica lo aprendido en sus escuelas utilizando estas herramientas virtuales. Según Bonilla (2022), la metodología cualitativa se utiliza:

- cuando se desea comprender el significado y naturaleza de las experiencias de otras personas
- explorar áreas de las que se conoce muy poco, explorar áreas que han sido investigadas, pero se desea profundizar en aspectos específicos
- para entender el porqué del problema o situación
- explorar fenómenos como los sentimientos, procesos de pensamiento y emociones que no se pueden explorar con los métodos tradicionales.

En tanto que en esta investigación se estará trabajando con las percepciones y experiencias de los maestros, la investigación cualitativa es la más adecuada.

En la Tabla 3.1 se presentan algunas definiciones de la investigación cualitativa citadas por Bonilla (2022).

Tabla 3.1

*Definiciones de la investigación cualitativa y su pertinencia con la investigación*

Definiciones	Pertinencia para nuestra investigación
Investigación que produce datos descriptivos: las propiedades de las personas, habladas o escritas, y la conducta observable (Taylor y Bogdan, 1987).	Será importante conocer el trasfondo de los participantes, que nos compartan sobre cuántos años llevan enseñando y cómo surge el interés por hacer una certificación <i>STEM PBL</i> .
Cuerpo de conocimientos que conforman los distintos diseños y estrategias de investigación que producen datos o información de naturaleza textual, visual o narrativa, los cuales son analizados, a su vez, mediante medios no matemáticos (Lucca y Berríos, 2009).	Utilizando la investigación cualitativa los maestros tuvieron el espacio para narrar sus experiencias. A través del portafolio también y a través de su portafolio se pudo evidenciar visualmente el tipo de tareas y las reflexiones que escribirán al realizar las mismas.
Investigación acerca de las experiencias de las personas, comportamiento, emociones, sentimientos, fenómenos sociales y culturales entre comunidades. En donde se requiere un análisis interpretativo de la información (Corbin y Strauss, 2014).	En tanto que en esta investigación se busca conocer de primera mano las emociones en términos de logros, éxitos o frustraciones de estos maestros, será importante mirar tanto la perspectiva individual como la grupal para poder interpretar la información obtenida.

**Diseño**

El diseño que siguió esta investigación cualitativa fue el análisis fenomenológico interpretativo por su utilidad en la investigación educativa, en tanto que permite comprender las prácticas pedagógicas desde la voz de sus protagonistas (Van Manen, 2003). La fenomenología es una corriente filosófica desarrollada por Edmund Husserl en la mitad del siglo XX y está centrada en cómo los individuos comprenden los significados de las experiencias vividas (Patton, 1996, según citado en Fuster, 2019). Para Husserl (citado en Fuster, 2019), la fenomenología no ansía descartar nada de lo

representado en la conciencia. Sin embargo, prioriza aquello que se ‘muestra’, ya que el individuo únicamente puede hablar de su experiencia, de aquí se deriva que el comportamiento del ser humano está definido por sus vivencias. Por su parte, Van Manen (1999, p. 56, según citado en Fuster, 2019) indica que el objetivo de la fenomenología reside en transformar la experiencia vivida en una expresión textual de su esencia, de manera que el efecto del texto represente un revivir reflejo y una apropiación reflexiva de algo significativo: en la que el leyente cobre vida con fuerza en su propia experiencia vivida.

La fenomenología se fundamenta en las siguientes premisas (Hernández, Fernández, & Baptista, 2006, pp. 712-713)

- “En el estudio, se pretende describir y entender los fenómenos desde el punto de vista de cada participante y desde la perspectiva construida colectivamente”.
- “El diseño fenomenológico se basa en el análisis de discursos y temas específicos, así como en la búsqueda de sus posibles significados”.
- “El investigador contextualiza las experiencias en términos de su temporalidad (tiempo en que sucedieron), espacio (lugar en el cual ocurrieron), corporalidad (las personas físicas que la vieron) y el contexto relacional (los lazos que se generaron durante las experiencias)”.

### **Diseño fenomenológico interpretativo (AFI) versus fenomenológico hermenéutico**

El análisis fenomenológico interpretativo (AFI) es un enfoque de investigación cualitativo que tiene como razón de ser comprender cómo las personas le otorgan significado a sus experiencias (Smith et al., 2009, según citado en Duque y Aristizábal Díaz Granados, 2019). Las bases teóricas del análisis del AFI se encuentran en la fenomenología de Husserl, un movimiento filosófico preocupado por la experiencia vivida. Para nuestro estudio, se utilizará el AFI por ser más idóneo con lo que se busca, pero es importante comprender las diferencia entre un diseño y el otro.

El estudio fenomenológico-interpretativo y el fenomenológico-hermenéutico son dos enfoques dentro de la fenomenología que comparten similitudes en su enfoque filosófico, pero se diferencian en cómo abordan la interpretación de los fenómenos estudiados. Ambos enfoques son valiosos en la investigación cualitativa, y la elección entre ellos depende de los objetivos y la naturaleza del estudio. En nuestro caso, necesitábamos asegurarnos de que el enfoque fuera hacia la experiencia del individuo en primera instancia y luego al colectivo, de modo que cada voz tendrá valor en este estudio. En la Tabla 3.2 vemos una comparación sobre las diferencias entre el diseño fenomenológico-interpretativo (AFI) y el fenomenológico-hermenéutico, según la interpretación de Duque y Aristizábal Díaz Granados (2019).

Tabla 3.2

*Diferencias entre el diseño fenomenológico-interpretativo (AFI) y el fenomenológico-hermenéutico*

Aspecto	Interpretativo (AFI)	Hermenéutico (AFH)
Enfoque filosófico	Se destaca la importancia de obtener relatos en primera persona de las experiencias de los participantes y buscar comprender y describir esas experiencias tal como son vividas por los individuos. La interpretación se centra en la comprensión de los significados subjetivos de las experiencias.	Se basa en la fenomenología, pero se enfoca en la interpretación hermenéutica de los fenómenos. Se centra en la interpretación y comprensión de textos y significados. En el contexto de la fenomenología, se busca comprender los fenómenos a través de la interpretación en un marco cultural e histórico más amplio.
Métodos de investigación	Se utilizan métodos como entrevistas en profundidad, recopilación de narrativas personales para obtener una comprensión profunda. Se presta especial atención a la voz del participante y a su experiencia subjetiva.	Se realiza en un contexto más amplio, y se pueden utilizar métodos como el análisis de textos, documentos históricos o cualquier material que pueda ser interpretado hermenéuticamente. Se busca comprender los fenómenos en un contexto cultural y social.
Enfoque temporal	Se centra en la experiencia fenomenológica tal como se presenta en el momento presente. Busca capturar la esencia de la experiencia tal como se vive ahora.	Se preocupa por cómo los fenómenos están enraizados en el pasado y cómo se relacionan con la historia y la cultura. Busca comprender cómo los fenómenos adquieren significado a lo largo del tiempo.

Por su parte, Duque y Aristizábal Diaz Granados (2019) señalan que, aunque el AFI se preocupa por la experiencia vivida y los significados atribuidos a ésta, es claro que no se puede acceder a estos significados de forma directa, pues se encuentran en lo más interno de las personas. Esto amerita un esfuerzo y compromiso hacia la



interpretación por parte del investigador. Por consiguiente, la hermenéutica, entendida como la teoría de la interpretación, también hace parte de los fundamentos teóricos de este enfoque.

Según Fuster (2019), la educación sitúa en el método fenomenológico no solo una alternativa de interpretación y comprensión, sino que coloca la atención de la reflexión educativa hacia su propia esencia. Este enfoque está orientado a la descripción e interpretación de las estructuras fundamentales de la experiencia vivida, al reconocimiento del significado del valor pedagógico de esta experiencia. Según Fuster (2019), este método compone un acercamiento coherente y estricto al análisis de las dimensiones éticas, relacionales y prácticas propias de la pedagogía cotidiana.

### **Selección de participantes**

En una investigación cualitativa la selección de las fuentes de información como documentos, personas, artefactos o lugares es intencional, ya que se requiere seleccionar fuentes que provean la información requerida para responder las preguntas de investigación (Mertens, 2015). Los únicos sujetos que podrían contestar esta investigación son los maestros que tomaron el curso de robótica de la Certificación *STEM* en 2022 que cumplen con el criterio de haber intentado transferir la experiencia de aprendizaje al salón de clases usando simuladores.

Eran estos maestros los que permitirían un entendimiento completo y profundo de su experiencia utilizando simuladores para la enseñanza de robótica durante el año escolar 2022-2023, que es el fenómeno bajo investigación. El tipo de estrategia que se utilizó fue intencional por criterio. Los investigadores que recurren al Análisis

Fenomenológico Interpretativo implementan una selección intencional, ya que solo podrán ser parte del estudio quienes hayan vivido o estén viviendo la experiencia que se pretende conocer, para quienes las preguntas sean significativas y despierten sensibilidad (Smith y Osborn, 2008, según cita en Duque y Aristizábal Diaz Granados, 2019). En este tipo de muestreo, el investigador establece las características que deben poseer los participantes y luego selecciona entre los que posean estas características. Para esta investigación se invitaron a todos los maestros que tomaron el curso *STEM 6004: Automatización y Robótica con enfoque STEM*, indicando que el requisito para participar es que hayan intentado transferir la experiencia de aprendizaje al salón de clases utilizando simuladores.

En cuanto a la cantidad de participantes, Collins y Solomos (2010, como se citó en Mertens, 2015), recomiendan que para un estudio fenomenológico la cantidad adecuada sea entre seis y diez participantes. Por su parte Duque y Aristizábal Diaz Granados (2019), señala que otros autores coinciden en trabajar con un número reducido de participantes. Se observa una tendencia a realizar estudios AFI con grupos conformados por pocos participantes. En nuestro caso se trabajará con 6 participantes. Como la Certificación *STEM PBL* se ofreció en dos cohortes, se seleccionaron tres maestros de cada una para un total de seis participantes.

### **Características de los participantes**

El estudio fenomenológico se implementa con un número reducido de participantes ya que el objetivo es profundizar en los sentimientos y experiencias vividas. Aunque la invitación a participar de este estudio estaba abierta a todos los que

participaron del curso *STEM6004*, este estudio seleccionó un muestreo intencional. En este los participantes fueron seleccionados porque poseían la experiencia requerida para comprender el fenómeno bajo estudio o porque hubieran pasado por la experiencia (Creswell & Guetterman, 2019). Por esto fue requisito de que los participantes hubieran utilizado alguno de los simuladores a la hora de transferir la experiencia al salón de clases para la enseñanza de robótica.

Los participantes de este estudio fueron seis maestros (tres de cada cohorte) de los maestros del DE. Estos maestros llegaron a este curso como resultado de un acuerdo entre el DE y UPRRP, bajo el programa PADE para recibir una Certificación *STEM PBL* en formato acelerado durante el año 2022. Este programa estuvo administrado por la DECEP. La investigadora cuenta con los correos electrónicos de los maestros para invitarlos a participar de la investigación; todos estos correos son cuentas del DE con formato de012345@miescuela.pr.

Los requisitos de participación son:

1. Tomó durante el año 2022, el curso de Automatización y Robótica con enfoque *STEM* que forma parte de la Certificación *STEM PBL*.
2. Intentó transferir la experiencia de aprendizaje a su salón de clases utilizando algún simulador durante el año 2022-2023.

La invitación se hizo mediante correo electrónico compartiendo un enlace a un formulario de *Google* que fungió como Hoja de consentimiento informado. El formulario, incluyó en el campo de descripción, los detalles de la Hoja de Consentimiento Informado que incluían el título de la investigación, la Descripción de la

Investigación, Riesgos, Beneficios, Confidencialidad, Derechos del participante y la pregunta ¿Acepta participar en la investigación? Se instruyó al participante de que si no deseaba participar podía cerrar el formulario en cualquier momento. El formulario también fue utilizado para obtener información del participante como: 1) Nombre completo, 2) Dirección de Correo electrónica donde desee recibir el resto de las comunicaciones, 3) Número de teléfono donde se le pueda contactar, 4) Cohorte en el que participó - Fase 1 o Fase 2 y el 4) Día y horario de preferencia para la entrevista. El formulario culminó incluyendo la frase: Muchas gracias por su interés en participar. Estaremos contactándole pronto.

La selección de participantes se hizo por orden de llegada, según fueron sometidos por los que deseaban participar. Las entradas registradas *Google Forms* cuentan con un campo que señala día y hora exacta en que se sometió. Esto permitiría evidenciar que la selección de sujetos a entrevistar fue por orden de llegada. Todos los maestros que participaron de la Certificación *STEM PBL* recibieron el correo al mismo tiempo.

Llegaron solicitudes de ambas cohortes, tres de uno y cuatro de la otra. Para una de las cohortes hubo que esperar dos o tres días más, pero finalmente se alcanzó la meta de tener tres de cada cohorte. Todos cumplían con los criterios de selección.

## Técnicas de recopilación de información

### Escenario para la recopilación de información por fases

Creswell y Poth (2018) señalan que la investigación cualitativa es una rigurosa, que requiere tiempo y se realiza en los ambientes o escenarios donde se dan los fenómenos bajo estudio. En estos contextos, el investigador es un instrumento responsable de recopilar la información, ya sean palabras o imágenes.

Los escenarios de esta investigación ocurrieron en tres tiempos. El primer escenario se sitúa previo a la certificación que tomaron los participantes. Necesitábamos saber qué motivó a los participantes a tomar la certificación o cómo surgió la oportunidad. Además, qué trasfondo tenían, si alguno sobre robótica. El detalle era conocer su perfil, previo a la experiencia de la certificación. Este contenido corresponde con las primeras dos preguntas: ¿Cómo surge la oportunidad de tomar la certificación *STEM PBL*? y ¿Con qué competencias digitales y conocimientos previos en el campo de Robótica contaba, al llegar al curso?

El segundo escenario fue durante el curso. Para este escenario se contó con data existente donde los participantes habían colocado las evidencias de sus trabajos en el portafolio virtual. Aquí se deseaba conocer sobre el impacto que causó que el curso fuera totalmente a distancia y sin equipos físicos. ¿En qué medida los simuladores le permitieron practicar de manera efectiva los conceptos y procesos de robótica sin la necesidad de equipos físicos? Y si al finalizar el adiestramiento, ¿Se sentía capaz para transferir el aprendizaje a su sala de clases?

El tercer y último escenario es el presente de esta investigación, dos años después de terminar la Certificación *STEM PBL* y tras transferir la experiencia al aula en el año escolar 2022-2023. La investigadora entrevistó a los seis participantes para conocer los logros alcanzados y comprender cómo fue la experiencia de la transferencia.

Como parte de las preguntas de la Hoja de información integrada en el formulario de *Google* y que sirvió de Hoja de Consentimiento Informado, los participantes autorizaron a que la investigadora volviera a ver el video de presentación hecho con *Flipgrid* previo a comenzar el curso de Robótica y a revisar el portafolio digital donde los participantes evidenciaban sus proyectos y reflexionaban sobre sus procesos de aprendizaje.

### **La entrevista**

Este escenario fue un espacio virtual provisto en *Google Meet* donde la entrevista se dio como un reencuentro luego de más de un año. La investigadora quería conocer ¿cómo había sido la experiencia en la transferencia al salón de clases utilizando los simuladores para la enseñanza de robótica, si entendían que fue exitosa, si experimentó retos o dificultades y si contó con equipos físicos para transferir la experiencia virtual a la experiencia física, entre otras cosas?

En la investigación cualitativa existen diferentes técnicas de recopilación de datos cuyo propósito principal es obtener información de los participantes fundamentada en las percepciones, creencias, opiniones, significados y actitudes. Una de estas es la entrevista, la cual Fernández (2021) define como una conversación formal que tiene un objetivo determinado a diferencia de una plática informal. En la entrevista, a través de las

preguntas y respuestas, se logra una comunicación y la construcción conjunta de significados respecto a un tema (Hernández et al., 2010). Hay varios tipos según el propósito, las características de los participantes, el escenario bajo estudio y la naturaleza de la investigación, pero todos tienen tres aspectos en común, según señala Bonilla (2008): 1) permiten recopilar mucha información en un periodo relativamente corto; 2) utilizan preguntas abiertas y permiten aclarar las respuestas de los participantes; y 3) todos responden el mismo grupo de preguntas en torno a un mismo asunto.

### ***La entrevista semiestructurada como técnica para explorar el fenómeno de estudio***

Según Pietkiewicz & Smith (2015), la preocupación principal de los investigadores fenomenológicos es obtener relatos ricos, detallados y en primera persona de experiencias y fenómenos bajo investigación. También, señalan que las entrevistas semiestructuradas, en profundidad y uno a uno, son el método más popular para lograrlo, aunque también se pueden utilizar otras alternativas para la recopilación de datos (por ejemplo, diarios, grupos de enfoque, cartas o diálogos por chat). Además, las entrevistas semiestructuradas permiten que el investigador y el participante se involucren en un diálogo en tiempo real y brindan suficiente espacio y flexibilidad para que surjan cuestiones originales e inesperadas, que el investigador puede investigar con más detalle mediante preguntas adicionales (Pietkiewicz & Smith, 2015).

El Análisis Fenomenológico Interpretativo (AFI) exige una técnica de recolección de información que permita una elaboración detallada y profunda de la vivencia personal respecto del fenómeno en cuestión. La recolección de los datos se realizará a través de entrevistas semiestructuradas. Esta no solo facilita el diálogo entre el investigador y el

participante, también estimula el surgimiento de nuevas áreas de exploración (Smith y Osborn, 2008, según citado en Duque y Aristizábal Diaz Granados, 2019).

### ***Protocolo de entrevista***

A continuación, se presentan unas recomendaciones a llevar a cabo antes de realizar una entrevista estableciendo una guía o protocolo que permita al investigador asegurarse de que se han explorado todos los temas de interés para el estudio (Creswell, 2008; Seidman, 2006; Taylor & Bogdan, 1987). Las entrevistas en profundidad se caracterizan por ser flexibles y dinámicas, lo cual debe reflejarse en la guía de entrevista. Taylor y Bogdan (1987) indican que la guía de entrevista puede ser una lista de temas sobre los cuales el investigador puede desarrollar preguntas abiertas o solicitar relatos a los participantes. Estos autores mencionan que el desarrollo de una guía de entrevista requiere que el investigador tenga conocimiento previo del fenómeno bajo estudio y, en ocasiones, hasta de los participantes. Como la entrevistadora fue la profesora del curso de robótica, podrá comprender las posibles situaciones que relate el entrevistado. Aún, así, al no haber contacto por más de un año, la entrevistadora se encuentra en total desconocimiento de las experiencias acontecidas durante el año escolar 2022-2023 por lo que busca conocer lo acontecido.

Durante el diseño de una guía de entrevista, es importante considerar el tiempo de duración de esta. Se recomienda que éste se extienda entre los 60 y 90 minutos (Lucca & Berríos, 2009; Seidman, 2006).



Creswell y Poth (2018) y Hernández et al. (2010) coinciden en la información que debe mostrarse en un Protocolo de Entrevista a seguir. En la Tabla 3.3 se presenta el protocolo de entrevista utilizado en esta investigación.

Tabla 3.3

*Protocolo de entrevista del estudio fenomenológico Experiencia de Docentes en un curso con Enfoque STEM utilizando Simuladores para la enseñanza de Robótica*

Descripción
Hora de la entrevista
Fecha
Lugar
Entrevistador
Entrevistado (Código asignado)
Posición del entrevistado
[Describa brevemente de qué trata la investigación]
Preguntas
1. ¿Cómo surge la oportunidad de tomar la Certificación <i>STEM PBL</i> ?
2. ¿Con qué competencias digitales y conocimientos previos en el campo de Robótica, contaba al llegar al curso? ¿Cómo estas competencias y conocimientos previos facilitaron su desempeño?
3. ¿Pensó alguna vez que sería viable tomar un curso de robótica a distancia sin contar con un equipo de robótica físico? ¿Por qué?
4. ¿En qué medida los simuladores le permitieron practicar de manera efectiva los conceptos y procesos de robótica sin la necesidad de equipos físicos?
5. Al finalizar el adiestramiento, ¿Se sentía capaz para transferir el aprendizaje a su sala de clases?

- 
6. ¿Cómo fue su experiencia en la transferencia al salón de clases utilizando los simuladores para la enseñanza de robótica? ¿En qué curso integró la robótica? ¿Entiende que la experiencia fue exitosa? ¿Experimentó retos o dificultades?
  7. ¿Contó con equipos físicos para transferir la experiencia virtual a la experiencia física?
  8. ¿Qué recomendaciones daría a un colega que desee utilizar simuladores para la enseñanza y el aprendizaje de la robótica?
  9. ¿Qué recomendaciones tiene para mejorar el curso de robótica?

Finalizar agradeciendo al maestro por su participación en esta entrevista. Asegurarle sobre la confidencialidad de las respuestas obtenidas en esta entrevista y en futuras entrevistas que se realicen. En nuestro caso se le hará llegar copia de la transcripción por si entiende que hay algún error en la misma. Si no se recibe ninguna comunicación en dos semanas, se tomará por correcta la transcripción.

---

*Nota.* Según recomendado por (Creswell y Poth, 2018; Hernández et al., 2010)

Además, Taylor y Bogdan (2015) recomiendan un diario del investigador que incluya los temas trabajados en cada entrevista, un registro de comentarios del investigador y un registro de conversaciones que se tuvieron fuera de la entrevista como se observa en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4

*Diario del investigador y la grabación de las entrevistas*

Preguntas
1. Bosquejo de los temas trabajados en cada entrevista.
2. Registro de los comentarios del investigador
3. Registro de las conversaciones que se llevan con los participantes fuera de las sesiones de entrevista.

*Nota.* Según recomendado por Taylor y Bogdan (2015)

Finalmente, Hernández et al. (2010, p. 425), comparten un formato que sirve como hoja de cotejo para evaluar las entrevistas cualitativas realizadas basado en Creswell (2008). La misma se presenta en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5

*Hoja de cotejo para evaluar las entrevistas cualitativas*

Preguntas	Sí / No
1. ¿El ambiente físico de la entrevista fue el adecuado? (quieto, cómodo, sin molestias).	
2. ¿La entrevista fue interrumpida?, ¿con qué frecuencia?, ¿afectaron las interrupciones el curso de la entrevista, la profundidad y la cobertura de las preguntas?	
3. ¿El ritmo de la entrevista fue adecuado al entrevistado o la entrevistada?	
4. ¿Funcionó la guía de entrevista?, ¿se hicieron todas las preguntas?, ¿se obtuvieron los datos necesarios?, ¿qué puede mejorarse de la guía?	
5. ¿Qué datos no contemplados originalmente emanaron de la entrevista?	
6. ¿El entrevistado se mostró honesto y abierto en sus respuestas?	

- 
7. ¿El equipo de grabación funcionó adecuadamente?, ¿se grabó toda la entrevista?
  8. ¿Evitó influir en las respuestas del entrevistado?, ¿lo logró?, ¿se introdujeron sesgos?
  9. ¿Las últimas preguntas fueron contestadas con la misma profundidad de las primeras?
  10. ¿Su comportamiento con el entrevistado o la entrevistada fue cortés y amable?
  11. ¿El entrevistado se molestó, se enojó o tuvo alguna otra reacción emocional significativa?, ¿cuál?, ¿afectó esto la entrevista?, ¿cómo?
  12. ¿Fue un entrevistador activo?
  13. ¿Estuvo presente alguien más aparte de usted y el entrevistado?, ¿esto afectó?, ¿de qué manera?

---

*Nota.* Según recomendado por Creswell (2008)

Estas tres tablas constituyeron el protocolo de entrevista para la investigación. Se utilizó una computadora para llevar a cabo la entrevista a través de *Google Meet* y una segunda computadora para tener las tres tablas que constituyeron el protocolo de la entrevista. Fue muy efectivo de esta manera especialmente en la primera entrevista, donde uno pudiera haberse sentido nervioso o inseguro y no quería olvidar el orden de las preguntas.

### **Autorización del protocolo de investigación**

Una vez claro el protocolo de entrevistas, se sometió una solicitud al Comité Institucional para la Protección de los Seres Humanos en la Investigación (CIPSHI) de la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras para poder invitar a mis prospectos. Un prerrequisito para la solicitud de autorización del protocolo de Investigación es contar

con el Certificado de CITI *Program* (Apéndice A). Este certificado se otorga una vez se aprueban los exámenes de dos o más cursos sobre la ética en la investigación con seres humanos. CIPSHI es muy riguroso con todo lo que tiene que ver con la protección de las personas que participan como sujetos en cualquier investigación y el uso que se dará a la información recopilada.

En la solicitud se estableció que las entrevistas se harían mediante video conferencia y que serían transcritas con una aplicación de inteligencia artificial con la capacidad de identificar si quien hablaba era la investigadora o los participantes. Una vez terminada la entrevista, *Tactiq* generó una especie de guion y permitió sustituir el nombre de las personas entrevistadas por el pseudónimo correspondiente. Así que, inmediatamente que le solicité a la aplicación que sustituyera el nombre del entrevistado por A1, A2, A3 o B1, B2, B3, no volvía a aparecer su nombre, protegiendo su confidencialidad.

Entre los detalles que CIPSHI solicitó aclarar antes de aprobar el protocolo de investigación se encuentran los siguientes asuntos:

### **Relación con los participantes**

Se solicitó aclarar que al momento la investigadora ya no era profesora de los participantes. Los maestros que tomaron clases con la investigadora principal completaron la certificación *STEM PBL* del programa PADE en el 2022, y al momento no se encontraban tomando cursos con ella.

### **Acceso a data existente**

Sobre la data existente que se planificaba utilizar para la Fase 1 y Fase 2 de la investigación (video creado con Flipgrid en el que los participantes se presentaron previo

a entrar al curso y el portafolio digital de evidencias), se aclaró que, como profesora de la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras la investigadora tenía acceso permanente a los cursos dentro de Moodle. Aunque tenía acceso a las asignaciones, proyectos, videos y portafolio digital que todos los participantes de la Certificación STEM PBL realizaron, la intención era que quede claro en la solicitud que estos documentos se usarían. Por esto también aparecían en el consentimiento informado. También había que aclarar que los videos y los portafolios (proyectos y reflexiones de estos) serían vistos por la investigadora principal y no serían compartidos con otras personas. Por tanto, no se divulgará la identidad de las personas participantes y que se asignaría un pseudónimo a cada participante al registrar la información.

### **Permiso para grabar video con cámara encendida**

Por ser una entrevista en línea se esperaba poder tener la cámara encendida de modo que se pudiera tener una conversación cara a cara con las personas participantes. Durante el curso que ofreció la investigadora principal de este estudio, se desarrolló una comunidad de aprendizaje en un ambiente de respeto y colegialidad. No se deseaba perder este componente humano de socialización en la conversación debido a que la entrevista provee un punto de reencuentro después de 2 años de concluir el proyecto PADE. Además, tener la cámara encendida puede proveer el espacio para que, voluntariamente (ya que no era requisito en esta investigación), una persona emocionada por su éxito en la implantación del aprendido pudiera además de describir, mostrar algún trabajo realizado después del proyecto PADE, para que la investigadora principal comprenda a qué se refería la persona participante. Esto, recordando una vez más, que el

norte de la investigación cualitativa es recopilar información profunda y completa. Ahora bien, a pesar de grabar el video durante la entrevista, no se iba a utilizar el video ni tampoco imágenes de este en presentaciones o informes que surgieran de la investigación. Para la transcripción, se utilizaría la herramienta *Tactiq*. Esta transcribe de plataformas tales como: *Google Meet*, *Teams* o *Zoom*. La grabación facilitaría el verificar la transcripción que llevara a cabo la herramienta *Tactiq*. Esto, además de servir de resguardo en caso de que la herramienta *Tactiq* fallara en algún momento durante la entrevista. En el caso en que *Tactiq* dejara de funcionar, la Investigadora principal podría terminar de transcribir la entrevista utilizando el video.

Precisamente, una de las entrevistas *Tactiq* no generó la transcripción, pero como el video de *Google Meet* si quedó guardado, se volvió a subir a *Tactiq* para un segundo intento de transcripción. Se logró obtener la transcripción, pero ya no discriminando quién era el investigador y quién era el entrevistado. Así que eso se tuvo que hacer a mano.

Se volvió a garantizar que ninguna imagen sería divulgada en ningún informe o presentación que surgiera de la investigación, pues solo la investigadora principal volvería a escuchar los videos, revisaría los portafolios y transcribiría las entrevistas con el uso de *Tactiq*. El Dr. Víctor E. Bonilla Rodríguez, director del comité de disertación, tendría acceso a las anotaciones que la investigadora principal hiciera de los videos, de los portafolios y de las entrevistas. Por tanto, no vería el rostro de los participantes. De otra parte, cabe señalar que el Dr. Víctor E. Bonilla Rodríguez no tiene acceso al curso en Moodle. En la UPRRP solo tiene acceso a un curso en Moodle el o la docente que

imparte el curso y, claro está, las personas responsables de dar mantenimiento y asignar los accesos a la plataforma Moodle en la UPRRP.

Por ser esta una investigación cualitativa, se proveerían citas directas de los y las participantes. Sin embargo, esto se realizó utilizando pseudónimos. Además, se eliminó de los textos expresiones particulares del uso del lenguaje que pudiesen identificar a una persona.

Entre las dos cohortes de maestros y maestras que tomaron el curso de robótica hay unas 90 personas. Por tanto, el caso de esta investigación no es uno en que los participantes sean tan pocos o tan particulares que se les identificara de alguna manera. A esto se añade que debido a que el curso fue en línea, participaron maestros de distintos pueblos de Puerto Rico.

### **Relación de la investigadora con la Universidad de Puerto Rico**

La investigadora principal es profesora de la Escuela Secundaria de la Universidad de Puerto Rico (bajo contrato que se renueva anualmente) y lleva 10 años enseñando los cursos del Área de Educación en Tecnologías, entre ellos el curso de Robótica y Automatización. Esta es la relación general con la UPRRP. De otra parte, la investigadora principal impartió el curso de robótica como parte del proyecto PADE a través de la DECEP que concluyó en el 2022. En este proyecto participaron maestros del Departamento de Educación como parte de su desarrollo profesional.

### **Revisitar evidencias de trabajo**

Hubo que recalcar que la profesora (investigadora) solo estaba pidiendo permiso para revisar los trabajos que tiene de forma permanente el Moodle. Por tanto, lo que



solicitaría a las personas que accedieran participar es que autorizaran volver a ver los videos de presentación y revisar los portafolios (proyectos y las reflexiones de estos). Para de esta manera, poner en contexto lo que compartan los participantes en la entrevista fenomenológica (la cual se basa en la experiencia). Los videos y los portafolios (proyectos y reflexiones de estos) solo serán vistos por la investigadora principal; no serán compartidos con otras personas. Por tanto, no se divulgará la identidad de las personas participantes. Además, se asignará un pseudónimo a cada participante al registrar la información.

### **Sobre la entrevista en línea**

El tercer punto de información consistió en lo relacionado a la entrevista en línea. Se esperaba poder tener la cámara encendida de modo que se pueda tener una conversación cara a cara con las personas participantes. Durante el curso que ofreció la investigadora principal de este estudio, se desarrolló una comunidad de aprendizaje en un ambiente de respeto y colegialidad. No se deseaba perder este componente humano de socialización en nuestra conversación debido a que la entrevista provee un punto de reencuentro después de 2 años de concluir el proyecto PADE. Además, tener la cámara encendida podía proveer el espacio para que, voluntariamente (ya que no es requisito en esta investigación), una persona emocionada por su éxito en la implantación del aprendizaje pueda además de describir, mostrar algún trabajo realizado después del proyecto PADE, para que la investigadora principal entienda a qué se refiere el participante. Esto, recordando una vez más, que el norte de la investigación cualitativa es recopilar información profunda y completa.

Esta sección incluye dos tablas. La primera tabla presenta la información que se envió en el formulario sometido y evaluado por el miembro del CIPSHI.

### Tiempo de conservación de los documentos

La persona responsable o custodia es Jeannette Milland Vigio, la investigadora principal. Debido a que los videos de presentación y portafolios (trabajos y reflexiones) de los maestros que tomaron el curso se encuentran y serán accedidos a través de Moodle, y a que Moodle almacena toda la información de manera permanente, la información con respecto a los videos y los portafolios se colocó también en la segunda tabla. La Tabla 3.6 hace referencia al uso, almacenamiento de los documentos, materiales y datos con los que se trabajó en esta investigación.

Tabla 3.6

*Uso, almacenamiento de los documentos, materiales y datos*

⇒ Documento, material o datos ⇒ Con/sin identificadores	Tipo: impreso (papel), digital, biológico, etc.	⇒ Personas que tendrán acceso.	⇒ Tiempo de conservación ⇒ Lugar de almacenamiento ⇒ Disposición/desecho
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hojas de consentimiento (formulario de <i>Google</i>)</li> <li>• Con identificadores pues se solicita la información de contacto de aquellas personas que deseen participar</li> </ul>	digital	Investigadora principal	Tres años en la computadora de la investigadora principal y en la nube. Luego, se borrarán de la computadora y de la nube.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Video de presentación que se encuentra en el curso en Moodle</li> <li>• Con identificadores debido a que el curso en la plataforma Moodle contiene toda la información de las personas que tomaron el curso</li> </ul>	digital	Investigadora principal	Almacenamiento permanente pues es parte del curso en la plataforma Moodle
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anotaciones acerca de la información contenida en los videos de presentación</li> </ul>	digital	Investigadora principal y director de la disertación	Tres años en la computadora de la investigadora principal y en la nube. Luego, se borrarán de la computadora y de la nube.

⇒ Documento, material o datos ⇒ Con/sin identificadores	Tipo: impreso (papel), digital, biológico, etc.	⇒ Personas que tendrán acceso.	⇒ Tiempo de conservación ⇒ Lugar de almacenamiento ⇒ Disposición/desecho
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Con pseudónimo</li> </ul>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Portafolio (trabajos del curso y las reflexiones acerca de estos) que se accede a través de Moodle</li> <li>• Con identificadores debido a que el curso en la plataforma Moodle contiene toda la información de las personas que tomaron el curso</li> </ul>	digital	Investigadora principal	Almacenamiento permanente pues es parte del curso en la plataforma Moodle
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anotaciones acerca de la información contenida en los portafolios (trabajos y sus respectivas reflexiones)</li> <li>• Con pseudónimo</li> </ul>	digital	Investigadora principal y director de disertación	Tres años en la computadora de la investigadora principal y en la nube. Luego, se borrarán de la computadora y de la nube.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Video de la entrevista</li> <li>• Con identificadores pues se grabará el video de la entrevista</li> </ul>	digital	Investigadora principal	En la computadora de la investigadora principal y en la nube. Serán borrados de la computadora y de la nube tan pronto se revisen las transcripciones de las entrevistas.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transcripciones de las entrevistas mediante <i>Tactiq</i>, una extensión de <i>Chrome</i> que se aloja en <i>Google Meet</i> y transcribe en tiempo real, durante la entrevista.</li> <li>• Con pseudónimo</li> </ul>	digital	Investigadora principal y director de la disertación	Tres años en la computadora de la investigadora principal y en la nube. Luego, se borrarán de la computadora y de la nube.

Por su parte, en la Tabla 3.7 se presentan lo que se conservará de manera permanente. A esto se debe añadir que, a causa de que el personal de la UPRRP que se ocupa del mantenimiento de la plataforma Moodle tiene acceso a todo el contenido que se encuentra en esta, se colocó este personal como responsable de la información

contenida en el curso junto con la Investigadora principal. Después de todo, la UPRRP es responsable de velar por el contenido de las plataformas institucionales.

Tabla 3. 7

*Documentos, materiales o datos que se conservarán permanentemente*

⇒ Documento, material o datos ⇒ Con/sin identificadores	Tipo: impreso (papel), digital, biológico, etc.	⇒ Serán compartidos ⇒ No serán compartidos con otras personas además del personal clave de la investigación	Serán compartidos: ⇒ con identificadores ⇒ sin identificadores
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Video de presentación que se encuentra en el curso en Moodle</li> <li>• Con identificadores debido a que el curso en la plataforma Moodle contiene toda la información de las personas que tomaron el curso</li> </ul>	digital	No serán compartidos. La investigadora principal volverá a ver los videos y tomará nota de la información compartida.	N/A
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Portafolio (trabajos del curso y las reflexiones acerca de estos) que se accede a través de Moodle</li> <li>• Con identificadores debido a que el curso en la plataforma Moodle contiene toda la información de las personas que tomaron el curso</li> </ul>	digital	No serán compartidos. La investigadora principal volverá a leer los portafolios y tomará nota de la información compartida.	N/A

### **Endoso de DECEP**

El proyecto PADE Impulso UPR concluyó en el 2022. Este proyecto se llevó a cabo a través de la DECEP. Por tanto, este permiso se tramitó con la directora ejecutiva de la DECEP, Aurora M. Sotográs Saldaña, a través de la Dra. Wilda Y. Rosado Olivieri, Decana de Asuntos Académicos de la Facultad de Educación. Se recibió el visto bueno para contactar a las personas y se incluyó copia de la carta de solicitud y de la carta que contiene la respuesta de Aurora M. Sotográs Saldaña (Apéndice D).

### **Requisito de haber intentado transferir la experiencia de aprendizaje**

Deseamos aclarar que, transferir la experiencia de aprendizaje a la sala de clases no fue un requisito del curso ofrecido en el 2022 por la investigadora principal. Debido a que esta investigación es de corte fenomenológico, se deseaba recopilar información acerca del “después de la experiencia de aprendizaje”. Este “Después” consiste en la manera en que los y las personas que participaron del curso en el 2022 utilizaron el conocimiento adquirido en el 2022, o sea, si pudieron transferir o utilizar este conocimiento en los cursos que impartieron tras completar la certificación *STEM PBL*. Si la persona no transfirió o utilizó el conocimiento en los cursos que imparte, no cualifica para ser parte de la investigación. Esto debido a que no podrá proveer información con respecto “al después” requerido en esta investigación cualitativa con corte fenomenológico.

### **Hoja informativa (Consentimiento informado incorporado en el formulario de Google)**

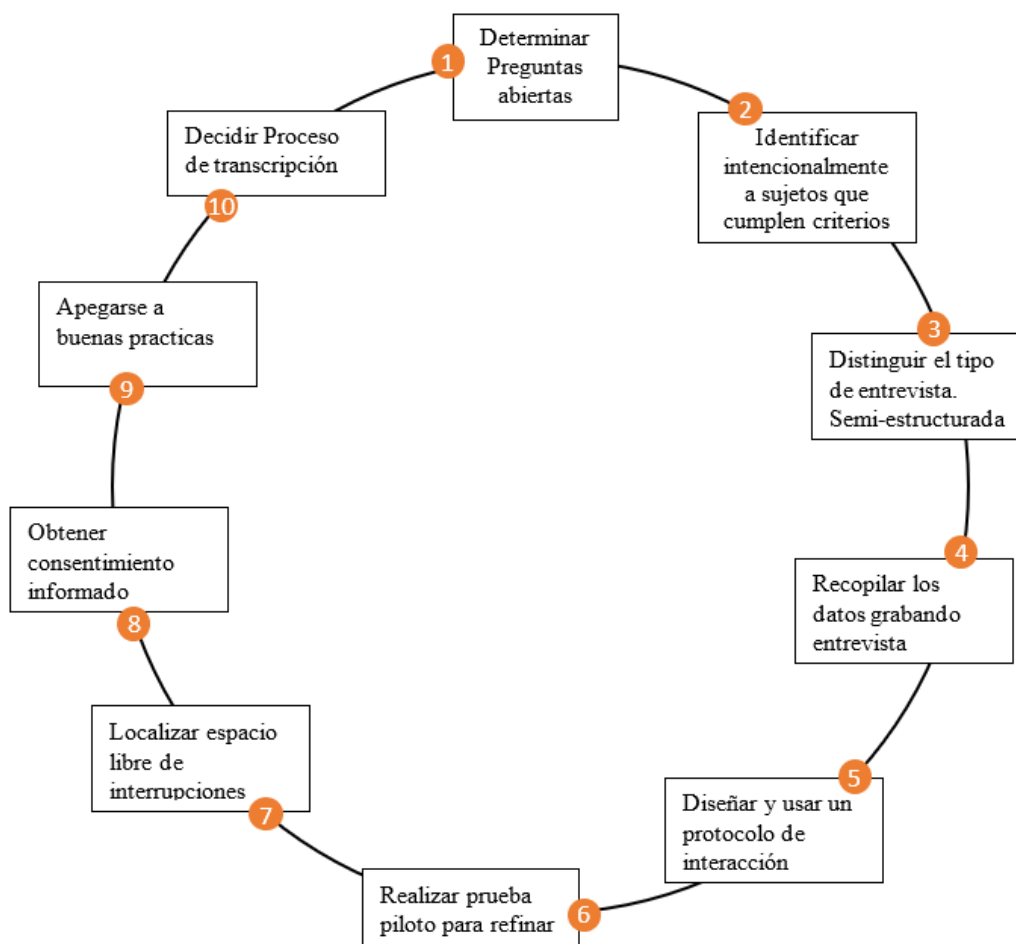
Como parte de la información que aparecía en la Hoja Informativa, se le indicaba al participante que una vez transcrita y verificada la transcripción de la entrevista, se le enviaría vía correo electrónico para su aprobación. Se verificó la hoja informativa de modo que su contenido fuera cónsono con lo que se indica en el protocolo de entrevista de que, si no se recibía ninguna respuesta en una semana, se tomaría por correcta la transcripción.

### Procedimiento para la preparación y la realización de entrevistas

En el proceso para la preparación y conducción de entrevistas, Creswell y Poth (2018) proponen seguir los pasos que se presentan en la Figura 3.1.

Figura 3.1

*Procedimiento para la preparación y la conducción de entrevistas*



*Nota.* Recomendado en Creswell y Poth (2018)

### Determinar preguntas abiertas

En la Tabla 3.8 se presenta la correspondencia entre las subpreguntas de la investigación y las preguntas abiertas de la entrevista. Recordemos que la pregunta central de esta investigación es: ¿Cómo fue la experiencia de un grupo de docentes en un curso con enfoque *STEM* utilizando simuladores para la enseñanza de robótica?

Tabla 3.8

#### *Alineación de las subpreguntas de investigación y las preguntas de la entrevista*

Subpreguntas de investigación	Preguntas de la entrevista
1. ¿Cómo influyen las competencias digitales y el conocimiento previo en el campo de Robótica en el desempeño en un curso que utiliza herramientas virtuales?	1. ¿Cómo surge la oportunidad de tomar la Certificación <i>STEM PBL</i> ? 2. ¿Con qué competencias digitales y conocimientos previos en el campo de Robótica contaba, al llegar al curso? ¿Cómo estas competencias y conocimientos previos facilitaron su desempeño?
2. ¿Cómo se sintieron los docentes al utilizar simuladores para enseñar y aprender robótica?	3. ¿Pensó alguna vez que sería viable tomar un curso de robótica a distancia sin contar con un equipo de robótica físico? 5. ¿Adquirió algún equipo físico de robótica por cuenta propia? De ser así, ¿Le ayudó en alguna medida la experiencia con los simuladores para aplicarlo a la experiencia real (Concreta)?
3. ¿Cómo influye la experiencia de los docentes en un curso de robótica con simuladores en su capacidad para diseñar y adaptar actividades de aprendizaje centradas en la robótica?	5. Al finalizar el adiestramiento, ¿Se sentía capaz para transferir el aprendizaje a su sala de clases?
4. ¿Cuáles beneficios tiene el uso de simuladores para enseñar y aprender robótica?	4. ¿En qué medida los simuladores le permitieron practicar de manera efectiva los conceptos y procesos de robótica sin la necesidad de equipos físicos?
5. ¿Cuáles retos tiene el uso de simuladores para enseñar y aprender robótica?	6. ¿Cómo fue su experiencia en la transferencia al salón de clases utilizando los simuladores para la enseñanza de robótica? ¿En qué curso integró la robótica? ¿Entiende que la experiencia fue exitosa? ¿Experimentó retos o dificultades? 7. ¿Contó con equipos físicos para transferir la experiencia virtual a la experiencia física?

6. ¿Cuáles recomendaciones ofrecen los docentes para utilizar simuladores en la enseñanza y aprendizaje de robótica?	8. ¿Qué recomendaciones daría a un colega que desee utilizar simuladores para la enseñanza y el aprendizaje de la robótica? 9 ¿Qué recomendaciones tiene para mejorar el curso de robótica usando simuladores?
--	---

### **Obtener consentimiento informado**

Integrado en el mismo formulario de *Google* que sirvió de invitación a los participantes, se encontraba la Hoja informativa que sirvió como Hoja de consentimiento informado (Apéndice C). Una de las preguntas requeridas para participar es haber leído la Hoja de consentimiento informado y haber contestado de forma afirmativa las preguntas 4-8 donde indicaban además cumplir con los criterios de selección y estaban de acuerdo con que se grabara la entrevista y se usara el portafolio de evidencias de los trabajos realizados mientras tomaban el curso de robótica de la Certificación *STEM*. Para confirmar que lo antes expuesto es correcto, al comenzar a grabar la entrevista, la investigadora pronunciará la frase “Luego de haber leído la hoja de consentimiento informado, ¿está de acuerdo en participar del estudio? El participante deberá indicar: Sí, estoy de acuerdo”. Entonces comenzaba la entrevista oficialmente. De lo contrario se le hubiera agradecido por su tiempo y se daría por terminada la entrevista, pero este caso no ocurrió y todas las entrevistas comenzaron a grabar desde el “Sí, acepto” de cada participante.

### **Localizar espacio libre de interrupciones**

En nuestro caso la grabación se hizo a través de la plataforma *Google Meet* dentro de la cuenta de correo electrónico institucional de la investigadora configurada para docentes. Esta cuenta de docente tiene una cobertura más amplia que la de estudiantes regulares por lo que puede utilizar la funcionalidad de grabar las entrevistas como si se



estuviera grabando una video conferencia, sin limitación de duración. Junto con la invitación a participar de la investigación se ofrecieron varias alternativas de horarios para que los participantes pudieran escoger el que más les favoreciera. En esa misma pregunta, se les hizo hincapié en que se recomendaba un horario y lugar libre de interrupciones.

### **Recopilación de datos**

Para la realización de las entrevistas semiestructuradas se sugiere el uso de la grabación de audio para facilitar la transcripción posterior; esto con la autorización previa de los participantes (Brinkmann, 2013; Kvale, 2011, según se citó en Duque y Aristizábal Díaz Granados, 2019). El uso de la grabación evita que el investigador se distraiga o pierda el foco debido a la toma de notas y de esta manera, la entrevista fluirá de forma más natural y espontánea, también se evitará que el participante se distraiga o pierda el hilo, sacrificando así contenidos de su experiencia (Duque y Aristizábal Díaz Granados, 2019). Otra estrategia para evitar distracciones es crear una guía de entrevista para asegurarnos de cubrir todos los temas con nuestros informantes (Hennink et al., 2011; Kvale, 1996, según citado en Taylor y Bogan, 2015, p. 120). Por su parte, Creswell y Poth (2018, p. 150) nos ofrecen una guía de actividades para la recopilación de datos en un diseño fenomenológico que se recogen en la tabla a continuación. Definitivamente contar con la grabación de mis entrevistas fue vital en una de las entrevistas en la que *Tactiq* no funcionó como se esperaba.

Además, en la Tabla 3.9 se presentan algunas actividades recomendadas por Creswell y Poth (2018, p. 150), que se deben llevar a cabo al recopilar datos en un estudio fenomenológico.

Tabla 3.9

*Actividad de recopilación de datos en un estudio fenomenológico*

¿Qué se estudia tradicionalmente (lugares o individuos)?	Múltiples individuos que han experimentado el fenómeno
¿Cuáles son los procedimientos típicos de acceso y relación (acceso y relación)?	Encontrar personas que han experimentado el fenómeno
¿Cómo se selecciona un lugar o individuos para estudiar (estrategias de muestreo intencionado)?	Encontrar individuos que han experimentado el fenómeno, una muestra "criterio"
¿Qué tipo de información se recopila típicamente (formas de datos)?	Entrevistas con una variedad de personas (de 5 a 25)
¿Cómo se registra la información (registro de información)?	Entrevistas, a menudo múltiples entrevistas con la misma persona
¿Cuáles son los problemas comunes en la recopilación de datos (problemas de campo)?	Suspender las propias experiencias, logística de las entrevistas
¿Cómo se almacena típicamente la información (almacenamiento de datos)?	Transcripciones, archivos digitales

*Nota.* Recomendación de Creswell y Poth (2018, p. 150)

### **Apegarse a buenas prácticas**

Durante la entrevista el investigador debe ser capaz de crear un clima en el cual el participante se sienta cómodo para hablar (Taylor & Bogdan, 2015, p.113). Esto se logra mediante el establecimiento de una relación personal entre ambas partes. Taylor y Bogdan (2015, p.114) señalan varios aspectos que el investigador debe considerar durante la entrevista.

1. No emitir juicio sobre lo que el participante comenta.

2. Permitir que el participante hable, incluso cuando se extienda en asuntos que no son relevantes al estudio. (El investigador no debe interrumpir el relato de un participante).
3. El investigador siempre debe mostrar atención a lo que el participante está diciendo. (Mediante la comunicación no verbal, el investigador puede mostrar un sincero interés por el relato).
4. El investigador debe ser sensible. Debe ser consciente de que algunos temas abordados pueden estar cargados de emociones negativas para los participantes y reconocer el momento preciso en el que no es adecuado abundar más. Además, debe ser sensible al efecto que tienen sus palabras y gestos sobre los participantes y al lenguaje no verbal de los participantes.

También, Taylor y Bogdan (2015, p. 129) recomiendan el uso de un diario del investigador y la grabación de las entrevistas. El diario cumple tres propósitos principales:

1. Mantener un bosquejo de los temas trabajados en cada entrevista.
2. Tener un registro de los comentarios del investigador. En éste, el investigador anota las observaciones que realiza de los participantes durante la entrevista. Además, permite registrar cualquier inconveniente o situación no prevista que ocurra durante el proceso.
3. El diario puede ser utilizado para llevar un registro de las conversaciones que se llevan con los participantes fuera de las sesiones de entrevista. Todas las notas registradas en el diario del investigador ayudan a interpretar la información obtenida en las entrevistas y ayudan a orientar futuras entrevistas.

## **Proceso de transcripción**

Para la transcripción de las entrevistas se utilizó la herramienta *Tactiq*, una extensión del navegador *Chrome* que corre debajo de alguna sala de chat virtual como *Google Meet*, *Microsoft Teams* o *Zoom*. *Tactiq* utiliza tecnologías de Inteligencia Artificial (en adelante IA), como el reconocimiento de voz y la organización automatizada de contenido, para capturar, transcribir y gestionar la información durante espacios de video conferencia en tiempo real. Estas características basadas en IA permitieron una experiencia más eficiente y automatizada en la toma de notas y la documentación de las entrevistas. En pruebas realizadas por la investigadora con *Tactiq* en clases de más de una hora, no había experimentado ninguna dificultad y la transcripción había sido precisa e instantánea. Además, la transcripción sabía que las transcripciones quedaban guardadas en la plataforma y se puede descargar como PDF una vez terminadas. La mayor ventaja de *Tactiq* era la calidad de transcripción en español, algo que en ocasiones es muy difícil conseguir.

## **Credibilidad**

Según Duque y Aristizábal Diaz Granados (2019), uno de los principales problemas a los que se enfrenta la investigación cualitativa es la confianza o credibilidad en sus hallazgos. La credibilidad está asociada con el hecho de garantizar que los procedimientos de recolección y análisis de datos han sido los apropiados, de tal forma que los resultados y las conclusiones reflejen fielmente la realidad estudiada (Yin, 2015, según citado en Duque y Aristizábal Diaz Granados, 2019). La triangulación de las fuentes de datos es el esfuerzo por ver si aquello que observamos y de lo que informamos

contiene el mismo significado cuando lo encontramos en otras circunstancias (Stake, 1999). Para realizar la triangulación de datos es necesario que los métodos utilizados durante la observación o interpretación del fenómeno sean de corte cualitativo para que éstos sean equiparables. Esta triangulación consiste en la verificación y comparación de la información obtenida en diferentes momentos mediante los diferentes métodos. Con el término triangulación se indica la utilización, en un mismo estudio, de varios métodos, técnicas o fuentes de datos (Taylor et al., 2015, según citados en Duque y Aristizábal Díaz Granados, 2019).

A continuación, se presentan algunas recomendaciones que se emplearán en este estudio para fortalecer la credibilidad y reducir los sesgos. Estas son recomendaciones desde la perspectiva de Stake (1999), Lucca y Berríos (2009) y Creswell y Poth (2018).

- **Triangulación de fuentes** - Según Stake (1999), la triangulación es fundamental para mejorar la credibilidad y la riqueza interpretativa de un estudio cualitativo. Es esencial utilizar múltiples fuentes de información para confirmar y corregir el entendimiento del fenómeno estudiado. En el caso de esta investigación, la investigadora y la maestra que ofreció el curso de robótica en la certificación son la misma persona. Por lo tanto, fue importante evidenciar que se buscaba tener un acercamiento ético desde la selección de participantes hasta la última conclusión que se vaya a redactar.

Además de las entrevistas semiestructuradas, se utilizará el portafolio digital que sirvió de libreta de ingeniería para los participantes. Se trata de una libreta virtual donde los estudiantes evidenciaban todas las tareas realizadas.

Los participantes de la primera cohorte utilizaron *PowerPoint*, *Sway*, *Canva* y *Google Sites*. Los participantes de la segunda cohorte utilizaron en su mayoría *Google Sites*. El propósito de usar los portafolios era poder mostrar el tipo de tareas que se realizaban en clase y analizar las reflexiones que los maestros participantes escribieron. Releer esta libreta y ver las evidencias de los trabajos realizados en clases y reflexiones hechas por los participantes mientras tomaban el curso de robótica de la certificación *STEM PBL* fue una experiencia enriquecedora. Como esta investigación obtenía información en tres fases y la segunda era durante el curso, los trabajos y reflexiones que estaban realizando en ese momento estaban ahí, en el portafolio, como yo diría, en caliente, en vivo y a todo color. No es lo mismo que uno pregunte ¿cómo fue el proceso de aprendizaje hace dos años? ¿recuerdas lo que aprendiste con el proyecto tal? ¿qué proyecto hiciste con X simulador?, ya que el recuerdo nos puede traicionar o nos podemos confundir un simulador con otro. Si bien es cierto que en la fase tres, después de... volví a preguntarles cómo fue y cómo recordaban el momento, el portafolio sirvió para triangular la información que en el presente brindara cada maestro entrevistado.

- Durante el año 2022-2023 los maestros tuvieron la oportunidad de poner en práctica lo aprendido y emplear los simuladores que aprendieron a usar en el curso de robótica. En el presente, esta investigación contempla realizar unas entrevistas semiestructuradas para conocer si los simuladores fueron útiles

para transferir la experiencia al salón de clases. Así que la investigadora hará una triangulación utilizando estas tres fuentes de información.

- **Reflexividad del investigador** - La autorreflexión es esencial en la investigación cualitativa. Lucca y Berríos (2009) sugieren que el investigador debe estar consciente de sus propias creencias y de cómo estas pueden influir en la interpretación de los datos. Esto es muy importante porque la investigadora es parte de la esencia del curso. Es importante evidenciar que toda la data obtenida se utilice tal cual se recibió, sin añadir impresiones teñidas con la óptica del investigador. Para esto se utilizará una extensión de *Chrome* llamada *Tactiq*, que servirá como herramienta para transcribir las entrevistas y la presentación inicial de los participantes. Estos datos incluyen fecha de transcripción y el nombre de la persona que habla en cada intervención. Estas son funcionalidades de las nuevas tecnologías emergentes de la inteligencia artificial.
- **Revisión por pares** - La revisión por colegas ayuda a identificar posibles sesgos y errores interpretativos. Stake (1999) subraya la importancia de esta revisión para fortalecer la interpretación y las conclusiones. En esta investigación el director de disertación, Dr. Víctor E. Bonilla Rodríguez fue esa voz de la conciencia que minuciosamente evaluaba mi trabajo. Además, el resto del Comité compuesto por la Dra. Carmen Pacheco Sepúlveda y la Dra. Brenda Rodríguez Villanueva también brindaron sus recomendaciones desde la óptica de las Tecnologías del Aprendizaje, subespecialidad de la investigadora. Estas aportaciones del director y del resto del comité me mantuvieron alerta sobre posibles sesgos que hubiera

tenido y también aportaron nuevos ángulos o temas que necesitaban incluirse en la investigación. Una gran ventaja que tuve fue la excelente comunicación que había entre el director, y los demás miembros del comité. Creo que eso es un factor que debe considerarse cuando se constituye un comité de disertación.

- **Retroalimentación de los participantes** - La validación por parte de los miembros participantes en la investigación puede ayudar a confirmar la precisión de los hallazgos. Creswell y Poth (2018) consideran este proceso como un paso crucial para garantizar la validez en la investigación cualitativa. Una vez finalizadas las transcripciones, se le envió a cada participante copia de la transcripción para que indicaran si estaban de acuerdo con lo transcrito. Todos los participantes fueron muy diligentes en leer las transcripciones. En la transcripción que había habido problemas con *Tactiq*, pudo incluirse algunas partes omitidas gracias a la participante. Además, en el transcurso del análisis de datos, los participantes fueron muy amables en contestar llamadas o mensajes de texto donde solicitábamos aclarar algún punto que no estuviera claro.

### **Consideraciones éticas**

La ética es un conjunto de principios que guían la forma de vida (Smith, 2012, citado en Penkova, 2015). El Informe Belmont publicado en el año 1979 presenta tres principios éticos que se deben considerar al realizar investigaciones con seres humanos para proteger sus derechos y bienestar. Estos son: beneficencia, justicia y respeto por las personas. Los aspectos éticos deben estar presentes antes, durante y después de realizar una investigación. Previo a la implementación de esta investigación se completará el



certificado requerido por el Comité Institucional para la Protección de los Seres Humanos en la Investigación (CIPSHI).

Durante la investigación siempre se aseguró el bienestar de los participantes disminuyendo daños físicos, psicológicos y de incomodidad provocados por la investigación. Siempre se evitó engañar y se mantuvo respetando los derechos de los participantes al informarles: los propósitos de la investigación, su uso a los resultados, las consecuencias del estudio en sus vidas y el derecho de rehusarse a participar de la investigación o retirarse de esta cuando así lo desee. Para minimizar las posibles molestias, cansancio y aflicción en los participantes, se les proveyeron las siguientes alternativas: solicitar descanso durante la entrevista, anular preguntas que causen molestias, determinar otras fechas para continuar la entrevista y abandonarla cuando lo desee.

De modo similar, se aseguró la confidencialidad de la información recopilada para minimizar riesgos laborales que pudieran presentarse una vez se concluyera el estudio. Para esto, se les comunicó a los participantes que otras personas no tendrán acceso a la información recopilada y que no se incluirán sus nombres en los informes de resultados (Creswell, 2015). También, se evitó recopilar información que contuviera aspectos de identificación personal de los participantes. Si se mencionaba en la entrevista el nombre de la escuela de los participantes, este era sustituido por la expresión “su escuela” y en cada instancia que participaba el entrevistado, el pseudónimo A1, A2, A3 o B1, B2 y B3 tomaba el lugar de su nombre.

Al finalizar la investigación la información recopilada fue archivada en un lugar privado y bajo llave (o clave de seguridad) donde permanecerá por un periodo aproximado de 5 años y se protegerá la autoría y propiedad intelectual de los participantes e investigadores, tal y como lo sugiere Penkova (2015).

### **Análisis de datos**

En una investigación cualitativa, el análisis de datos es un proceso crucial para extraer significado y comprender los patrones emergentes en la información recopilada a través de entrevistas, observaciones, documentos u otros métodos cualitativos. Para este bosquejo se tomó la recomendación de Creswell y Poth (2018) y Hernández et al. (2010).

1. Transcripción y familiarización con los datos.
  - a. Si los datos son en forma de entrevistas grabadas o notas de campo, el primer paso es transcribirlos con precisión.
  - b. Familiarizarse con los datos leyéndolos o escuchándolos varias veces para obtener una comprensión profunda del contenido.
2. Codificación abierta (Hernández, et al., 2010, p. 494):
  - a. En este proceso, hay que identificar unidades de análisis relevantes, que pueden ser palabras, frases o párrafos completos.
  - b. Asignar etiquetas o códigos descriptivos a cada unidad de análisis para representar temas o conceptos clave.
  - c. Evitar forzar una estructura preconcebida en los datos; en su lugar, permitir que las categorías emerjan de manera inductiva.

3. Codificación axial (Hernández et al., 2010, p. 494):
  - a. En este nivel, buscar relaciones y conexiones entre las categorías emergentes.
  - b. Agrupar códigos relacionados para formar categorías más amplias o subcategorías.
  - c. Definir las relaciones entre las categorías utilizando matrices o diagramas.
4. Codificación selectiva (Hernández et al., 2010, p. 496):
  - a. En esta etapa, refinar y desarrollar las categorías principales.
  - b. Identificar las categorías clave que representan los temas centrales de los datos.
  - c. Define claramente las características y propiedades de cada categoría.
5. Triangulación y verificación:
  - a. Utilizar múltiples fuentes de datos o investigadores para mejorar la confiabilidad y validez de las categorías y hallazgos.
  - b. Considerar la retroalimentación de colegas o expertos en el campo para verificar las interpretaciones.
6. Interpretación y narración:
  - a. Desarrolla una narrativa coherente que explique los hallazgos cualitativos.
  - b. Utilizar citas o ejemplos concretos de los datos para respaldar las afirmaciones.
  - c. Explorar las implicaciones de los hallazgos y cómo se relacionan con la pregunta de investigación.

7. Validación:

- a. Considerar técnicas de validación, como la validación de miembros o la validación de teoría, para fortalecer la credibilidad de los resultados.

8. Presentación de resultados:

- a. Organizar los hallazgos en un informe claro y estructurado que incluya una introducción, descripción de métodos, presentación de resultados y discusión.
- b. Utilizar ejemplos y citas para ilustrar los hallazgos y asegurarse de que estén relacionados con las categorías.

## CAPÍTULO IV

### HALLAZGOS

#### Introducción

En el capítulo IV se presentan los hallazgos de la investigación *Experiencia de docentes en un curso con enfoque STEM utilizando simuladores para la enseñanza de Robótica*, que fue abordada utilizando una metodología cualitativa con diseño fenomenológico. Para beneficio del que lee este capítulo de forma aislada, repasamos que los participantes de esta investigación tomaron un curso de robótica que formaba parte de una Certificación *STEM PBL* completamente en línea y sin contar con equipos físicos (*kits* de Robótica) donde poder realizar sus ejercicios de práctica. Además, la certificación era parte del catálogo de curso facilitados en formato acelerado dentro del proyecto PADE (Profesionalización Acelerada del Departamento de Educación) y tuvo una duración de 5 semanas. La profesora del curso, como especialista en tecnologías del aprendizaje, integró en su currículo una serie de simuladores y otros recursos virtuales, buscando compensar la falta de equipos físicos y a su vez fortalecer las competencias digitales de los participantes.

Luego de culminar la certificación, se desconocía cómo fue la experiencia de la transferencia del aprendizaje a sus salones de clase. Aunque la información principal de esta investigación fue adquirida mediante la técnica de entrevista en profundidad, la experiencia de los participantes que tomaron la Certificación *STEM PBL* se contempla en

tres tiempos (en adelante, fases). Estas son: Fase 1. Antes del curso; Fase 2. Durante el curso; y Fase 3. Después del curso, como se observa en la Figura 4.1.

En esta investigación se recopiló información con el propósito de conocer la experiencia de los maestros con los simuladores en la transferencia al aula, y beneficiar futuras certificaciones *STEM PBL* que ofrezca DECEP, así como otras instancias en las que se imparta un curso de robótica en línea en o fuera de la Universidad de Puerto Rico. Además, los hallazgos tendrán un efecto en la auto evaluación de la investigadora como docente y como creadora de currículos para cursos en línea.

Figura 4.1

*Fuentes de información de las fases de la investigación*



### **Análisis de hallazgos en tres fases**

Luego de obtener el permiso del Comité Institucional para la Protección de los Seres Humanos en la Investigación (Apéndice B), se procedió a convocar a los participantes que cumplieran con los requisitos de esta investigación. Ya en el plan desarrollado en la metodología del Capítulo III, se había decidido entrevistar a seis docentes que cumplieran con los requisitos de haber transferido la experiencia de aprendizaje al salón de clases utilizando simuladores. Para esto se tomó en consideración la recomendación de Mertens (2015) de seleccionar fuentes que proveyeran la información requerida para responder las preguntas de investigación. Como la convocatoria se había hecho a través de un formulario de *Google Forms*, en el mismo se solicitó la autorización de los participantes para revisar algunos documentos considerados como data existente. La idea era volver a ver el video que los participantes grabaron en *Flipgrid* para presentarse previo a tomar el curso *STEM6004*. La información obtenida de esta grabación es lo que forma parte del análisis de la Fase 1: Antes del curso y tuvo el propósito de conocer el perfil del participante previo a comenzar el curso en cuanto a experiencia previa en Robótica y uso de Tecnologías del Aprendizaje.

En segundo lugar se revisaron los portafolios digitales donde los participantes habían evidenciado sus proyectos y reflexionado sobre sus experiencias de aprendizaje durante el curso. Aunque estos documentos formaban parte de los trabajos realizados por los participantes mientras estuvieron matriculados en el curso *STEM6004* y son documentos a los que la profesora e investigadora tiene acceso de forma permanente por ser cursos que están dentro de la plataforma Moodle que utiliza la Universidad de Puerto

Rico, nos pareció que solicitar el “permiso” era un gesto de cortesía. La información obtenida en la Fase 2: Durante el curso, tuvo el propósito de conocer el impacto del uso de simuladores y nuevas tecnologías a través de las reflexiones escritas en sus portafolios digitales, que era donde colocaban las evidencias de sus trabajos diarios.

Por último, en la Fase 3, se analizan los hallazgos de la entrevista en profundidad realizada a los seis participantes de esta investigación. Pasemos a los hallazgos obtenidos en cada fase de esta investigación.

### **Fase 1: Antes del curso**

La información obtenida en la Fase 1 provino del video de presentación que hicieron los maestros antes de entrar al curso. Estos videos fueron realizados en la plataforma *Flipgrid* y forman parte de la información existente alojada en la plataforma de Moodle permanentemente ya que formaron parte de las asignaciones del curso *STEM 6004*. En el consentimiento informado, los participantes de esta investigación autorizaron su uso.

Para poner en contexto el uso de este video de presentación, me parece pertinente ubicar al que lee este capítulo sobre la razón para la integración de diversas tecnologías durante el curso de robótica de la Certificación *STEM PBL* que tomaron los maestros del DE. Ya en el capítulo II habíamos hablado sobre los estándares y competencias digitales, según la Sociedad Internacional para la Tecnología en la Educación (*ISTE*), el modelo comparativo europeo (*DigComp*) y el Conocimiento Tecnológico Pedagógico del Contenido (*TPACK*) que se esperan de un docente del siglo 21.



Además, siendo un curso a distancia, era importante modelar el buen uso de diversas herramientas virtuales disponibles en línea que comenzaran a darle forma al Entorno Personal Virtual de Aprendizaje (PLE) de los participantes. Entiéndase por PLE, el conjunto de herramientas virtuales de productividad que va adquiriendo un usuario de la *Web* para facilitar sus trabajos, creaciones y gestionar espacios tipo repositorio. De Haro (2007, citado en Navas, 2013) presenta un conjunto de competencias tecnológicas de la educación 2.0 y sus usos:

- Gestionar el propio conocimiento.
- Tener pensamiento creativo, para construir conocimiento y generar productos innovadores.
- Comunicarse y colaborar con otros.
- Investigar, evaluar y seleccionar las fuentes de información.
- Aplicar el pensamiento crítico para resolver problemas y poner en práctica las soluciones.
- Usar la tecnología de forma eficiente y productiva.

Por su parte, Johnson et al. (2010, según citado en Attwell & Hughes, 2010), identifican cuatro tendencias como impulsores clave de la adopción de tecnología. Estas son:

1. La abundancia de recursos y relaciones fácilmente accesibles a través de Internet nos está desafiando cada vez más a reconsiderar nuestros roles como educadores en la interpretación, el coaching y la acreditación.

2. Las personas esperan poder trabajar, aprender y estudiar siempre que lo deseen y en cualquier lugar.
3. Las tecnologías que utilizamos son cada vez más basadas en la nube, y nuestras nociones de soporte informático son descentralizadas.
4. El trabajo de los estudiantes se considera cada vez más colaborativo por naturaleza, y hay más colaboración entre departamentos en el campus.

Entre las plataformas integradas en el curso STEM 6004 se utilizaron, el chat de *WhatsApp* para colocar el hipervínculo que enlazaba al curso en Moodle seguido de una invitación a presentarse utilizando la plataforma *Flipgrid*.

En Moodle (plataforma oficial del curso), comencé colocando un video de bienvenida presentándome y explicando los temas que se trabajarían en el curso y un asomo a las diversas herramientas virtuales que utilizaríamos a falta de equipos físicos. La creación del video pretendía motivarles con las herramientas virtuales que se integrarían en el curso y así amortiguar el posible impacto que pudiera tener el enterarse de la falta de equipos físicos. Seguido del video de presentación, coloqué un Código *QR* y un hipervínculo que dirigía a los participantes a grabar un video de presentación. Cabe señalar la importancia del orden, pues les di un ejemplo de la importancia de presentarme en un vídeo al comienzo del curso y ahora pedía que ellos se presentaran creando su video en *Flipgrid*.

Este video fui muy útil para mí como profesora del curso porque me permitió conocer el amplio espectro de participantes. Había participantes tanto de nivel elemental, intermedio y superior. Las especialidades iban desde maestros de ciencias, matemáticas y

electrónica hasta maestros de español, de inglés y bibliotecarias. Conocer de antemano esta diversidad me permitió hacer una selección de recursos intentando alcanzar y nutrir a todos los participantes. Para obtener los mejores recursos hizo falta curar entre muchos contenidos digitales. Curar es uno de los estándares ISTE (2017). El término “Curaduría” tiene su origen en el mundo del arte para designar a la persona que un curador selecciona las obras y las pone en escena en un museo o galería. Ahora se utiliza el término “Curaduría de contenidos digitales” para referirse a la actividad de filtrar, de entre la enorme cantidad de recursos e información que se publican en la Web, aquellos contenidos que sean de interés y utilidad para una audiencia en particular. Esto requiere que el curador busque, seleccione, le dé sentido a los contenidos que elija y los comparta con una audiencia (EDUTEKA, 2017). El estándar 2C para Profesionales Empoderados Líderes lee como sigue:

“Modelar para colegas la identificación, exploración, evaluación, adopción y curaduría de recursos digitales y herramientas TIC para el aprendizaje”.

De igual forma, dentro del Modelo del Conocimiento Tecnológico Pedagógico (*TPACK*) de Mishra y Koehler (2006), se señala que el docente del siglo 21, además de tener el conocimiento de la materia que enseña y el conocimiento pedagógico para enseñarla, debe contar con el conocimiento tecnológico para poder seleccionar las herramientas y recursos adecuados que enriquezcan la enseñanza de su materia. Esto requiere un proceso de curación o búsqueda de recursos en línea, que luego de ser puestos a prueba pudieran considerarse efectivos para integrarse en un curso.

Para una audiencia tan variada en niveles y especialidades se incluyeron desde guías para diferentes tipos de robots, video tutoriales, sitios web donde adquirir certificaciones de Ciencias de Cómputos aplicadas a la robótica, enlaces a plataformas de programación gratuitas conocidas en inglés como “*playgrounds*”, entre muchos otros. Un recurso que conseguí y considero una rareza, fue un libro de cuentos sobre las Aventuras de Mark en Marte. Es un libro de cuentos que integra ejercicios de programación para la Plataforma robótica Makeblock dentro de una Aventura para niños. Me pareció un recurso valiosísimo, ya que considero que no se consigue este tipo de literatura fácilmente. Además, como profesora, buscaba motivar a los maestros de español, inglés y a la bibliotecaria a conectar con los conceptos STEM desde sus diversas áreas y motivarles a crear más de este tipo de contenidos. La curaduría es un proceso largo y a veces agotador, pero es refrescante cuando habiendo dedicado tiempo y esfuerzo, logramos conseguir materiales efectivos para compartir con los estudiantes que impactamos, ya sean adultos o niños.

El video de presentación que prepararon los maestros brindó información sobre el perfil del participante antes de llegar al curso de robótica en relación con qué conocimientos tenía sobre robótica y sobre tecnología. La información que aparece en la Tabla 4.1 muestra el perfil de participantes de nuestra investigación, en términos de materia que ofrecen, grados y el tipo de escuela (si es regular o vocacional). Además, en la segunda columna, los participantes indicaron si tenían o no experiencia previa en robótica. En la columna derecha, compartieron sus expectativas, en términos de lo que esperaban del curso.

Tabla 4.1

*Fase 1: Perfil, conocimiento previo y expectativas antes de llegar al curso*

ID	Especialidad	Conocimiento previo	Expectativas
A1	Maestra de Ciencia General de sexto y séptimo grado fuera del área metropolitana. Esta escuela no es especializada.	Tiene algunos equipos de robótica. Ha trabajado con pequeños proyectos de circuitos con Arduino.	Quiere aprender más de ingeniería y sobre robótica porque le va a ayudar a desarrollar su meta.
A2	Maestra de Matemática de sexto y séptimo grado en una escuela especializada en Bellas Artes dentro del área metropolitana.	Estuvo dos años ofreciendo el curso de robótica.	Esperaba que fuera un curso más de mucho aprendizaje.
A3	Maestra de Ciencias Ambientales y Biología en una escuela superior vocacional fuera del área metropolitana, pero vive en el área metropolitana. Dirige Club de Ciencias Ambientales en su escuela. Realiza investigaciones sobre el medioambiente.	No tenía ninguna experiencia en Robótica.	Quería ver de qué manera podía integrar las experiencias de robótica, tecnología e investigación a la sala de clases y a la investigación en el área ambiental. Le gustaría crear algún tipo de dispositivo que le permita medir contaminantes en las playas utilizando técnicas <i>STEM</i> , ampliar sus conocimientos en esas áreas y que los estudiantes de investigación se interesen en diferentes aspectos de tecnología e investigación
B1	Maestra de Ciencias Físicas de octavo grado en una escuela especializada en ciencias y matemáticas dentro del área metropolitana.	No tiene experiencia previa.	Tiene mucha motivación para aprender y llevar las experiencias al salón de clases y motivar a sus estudiantes.
B2	Maestro de preingeniería electrónica para estudiantes de décimo, undécimo y duodécimo grado en una escuela vocacional fuera del área metropolitana.	Experiencia previa en el área de la robótica y la utilización de dispositivos Arduino.	Seguir ampliando sus conocimientos en el área de la robótica para seguir ayudando a sus estudiantes en el taller.
B3	Maestro de electricidad en una escuela vocacional dentro del área metropolitana.	Ha trabajado proyectos con Arduino y también con robótica.	No indicó expectativas.

*Nota.* Información tomada de grabación realizada por los maestros en plataforma

Ya conociendo el perfil de los participantes, entrarían en consideración las experiencias de los maestros en el campo de la enseñanza y en sus respectivas especialidades. Una vez comenzara el curso tendría que considerar los principios de la

Andragogía: Participación, Horizontalidad y Flexibilidad (Knowles 1970, citado en Yturralde, 2013) y además, reconocer la motivación con la que llegaron y la disposición que tenían para aprender. Participación, en términos de las experiencias que traían. Destrezas y conocimientos previos que podría compartir con los demás. Horizontalidad, en términos de todos éramos colegas y aunque yo fuera la profesora, mi rol debía ser uno de facilitadora y que debiera tomar en cuenta cómo podría ayudar a cada uno a integrar en sus prácticas algunas actividades de automatización y robótica STEM según sus intereses y necesidades. No se trataba de imponer, sino de fluir. Por último, tendría que tomar en cuenta la necesidad de flexibilidad en un entorno donde cada maestro tiene bastante cargada su agenda con su trabajo y familia. Si no se parte de la comprensión de la complejidad de esto, no es posible movernos hacia el éxito. Todos estos principios de la Andragogía tendrían que ser considerados continuamente para que la experiencia fuera una exitosa.

### ***Resumen de la Fase 1***

Para la Fase 1, la técnica de recopilación de información estuvo basada en data existente proveniente de una grabación donde los maestros se presentaron dando a conocer su perfil y experiencia previa tanto en robótica como en el uso de tecnologías. Aunque en la certificación hubo maestros de diversas especializaciones como (bibliotecarias, maestras de español y de inglés), los 6 participantes de esta investigación fueron maestros de ciencias, matemáticas y maestros de escuela vocacional. Se sobre entiende que iba a ser difícil que los maestros de otras materias lograran integrar fácilmente los conceptos de robótica en sus currículos. Aunque algunos participantes

indicaron haber tenido alguna experiencia con robots, en general, el asunto de programación de robots era el elemento desconocido que motivaba a la gran mayoría. Es importante destacar que las destrezas de programación son esenciales para la automatización de mecanismos ya que un robot no funciona si no se programa.

En cuanto a la motivación y a las expectativas, la mayoría expresó querer aprender para ayudar a sus estudiantes, cumplir metas y para crecimiento profesional. Esto es congruente con los principios de Andragogía de Knowles (1970, citado en Yturralde, 2013).

La información obtenida en esta fase brindó a la profesora un perfil general de quienes iban a ser sus estudiantes y esto le permitió realizar una curación de contenidos y recursos digitales apropiados para su audiencia. La curación de contenidos se encuentra dentro de los estándares de ISTE (2017) y el Modelo *TPACK* de Mishra y Koehler (2006). De la misma forma que el modelar el uso de recursos digitales tales como las presentaciones en video, el uso de códigos QR, el uso de plataformas donde alojar un curso virtual y la comunicación a través de las redes sociales. El uso de estos recursos fue estratégico para comenzar a nutrir, desde antes de comenzar el curso, el Entorno Personal de Aprendizaje (PLE) de los participantes.

## **Fase 2: Durante el curso**

Para contextualizar esta fase, recordemos que una investigación cualitativa es una rigurosa, que requiere tiempo y se realiza en los ambientes o escenarios donde se dan los fenómenos bajo estudio. En estos contextos, el investigador es un instrumento

responsable de recopilar la información, ya sean palabras o imágenes (Creswell y Poth, 2018).

La información que se encuentra en esta fase proviene del portafolio digital que los participantes utilizaron para evidenciar sus trabajos y reflexionar sobre el proceso de aprendizaje. En el mismo se requería colocar: capturas de pantalla o videos de los trabajos realizados y una reflexión sobre el proceso de aprendizaje. Para beneficio del que está leyendo este capítulo de forma aislada, este curso se ofreció como parte del programa de Profesionalización Acelerada para el Departamento de Educación (PADE). El mismo tuvo una duración de 5 semanas. Cada semana había una reunión sincrónica que duraba 3 horas. En una misma reunión podían cubrirse 2 o más lecciones.

#### ***Uso del simulador VEXcode VR***

El simulador *VEXcode VR* tuvo un doble beneficio. Aunque se comenzó utilizando para una actividad introductoria con simuladores, en el menú de la aplicación se identificó un enlace a la plataforma educativa de VEX donde pudimos encontrar diversas certificaciones libres de costo. Esta plataforma se construyó en el 2020 cuando las competencias mundiales de robótica VEX se vieron imposibilitadas por la Pandemia del COVID 19. En ese momento, la división de educación de VEX preparó un currículo de Ciencias de Cómputos en línea dividido en unidades y apoyado con video tutoriales y ejercicios de *Assessment*. La idea era que los maestros aprendieran a programar, se certificaran y luego transfirieran los conocimientos a sus estudiantes. Aprovechando este recurso, se solicitó a los maestros que completaran 4 unidades de la certificación para puntos extra. Se descubren estos recursos cuando los facilitadores tomamos tiempo para



curar contenidos. La curación de contenido es la acción de seleccionar y compartir contenido que no creaste tú. Una de las destrezas esperadas del docente del siglo 21 según los estándares ISTE y DIGCOMP es la de crear contenidos digitales que sirvan como recursos, pero esto toma tiempo y en ocasiones el docente saca tiempo para buscar recursos creados por otros que sean efectivos para la enseñanza de algún contenido. Siempre es importante reconocer al autor de dichos recursos y cotejar el tipo de licencia que brindan. Aunque VEX no utiliza licencias tipo *Creative Commons*, tiene disponibles los cursos introductorios de todas sus plataformas robóticas y tres niveles Ciencias de Cómputos, libres de costo disponibles para el desarrollo profesional de maestros. Solo requiere que el maestro registre su cuenta e indique que es docente (Innovation First Inc., 2020). También, desde la perspectiva del conectivismo de Siemens y Downes (2005), vemos esto como aprendizaje en red; VEX creó nuevos nodos de conocimiento disponibles para docentes. En la Figura 4.2 se aprecia un certificado producto de la participación de los maestros en la actividad Limpieza de Arrecifes de Coral de La Hora de Código utilizando el simulador *VEXcode VR*. En esta actividad, los maestros programaban un robot para que recogiera la mayor cantidad de basura posible en un tiempo dado. La semana en que se trabajó con esta actividad, los maestros compartieron el recurso con sus estudiantes y compartieron fotos de los niños realizando el ejercicio. Varios maestros comentaron la semana siguiente, que los estudiantes habían quedado fascinados con la actividad y no querían parar de jugar. En la Tabla 4.2, se incluyen las reflexiones que realizaron los participantes en sus portafolios sobre el uso del simulador *VEXcode VR*.

Figura 4. 2

*Certificado de participación Hora de Código VEXcode VR*



*Nota. Certificado generado para la participante A1.*

Tabla 4.2

*Fase 2: Reflexiones sobre el uso del simulador VEXcode VR*

A1	Esta lección fue sumamente interesante para mí y sobre todo para aplicarlo en mi salón de clases. Primeramente, fue la primera vez que conocí y manejé la Plataforma <i>VEXcode VR</i> . Una de las metas que tengo en estos momentos es lograr completar la certificación, porque deseo seguir creciendo y aprendiendo en cómo integrar la Plataforma con mis estudiantes y no dudo la oportunidad de que mis estudiantes puedan inclusive competir. En cuanto a la aplicación en mi salón de clases, con el juego de <i>Coral Reef Clean Up</i> , fue una experiencia increíble, al ver cómo mis alumnos se centraron en aprender y tratar de ganarle a la maestra con el <i>Challenge</i> que les lancé. Lo más maravilloso que obtuve, fue la integración de sus familiares y sobre todo de sus padres para completar el Reto. Por ello, voy a seguir estudiando y aprendiendo a utilizar y aplicar los otros juegos que <i>VEX</i> me ofrece.
A2	Durante esta clase la profesora nos explicó con detalles sobre la plataforma VEX. Pero tengo que ser honesta, mi inglés no es tan bueno, pero comprendo lo básico. Esta plataforma, aunque es en

	inglés te da la opción de completar las lecciones de una manera llevadera. Adicional me encantó como esta Plataforma te ayuda a integrar las ciencias junto con la programación. Rápido que realicé la actividad se lo enseñé a mi hija para que lo hiciera, y cabe señalar que tan pronto ella obtuvo su certificado tuvo una alegría increíble, imagínese como esto creará pertinencia en los estudiantes sobre la concientización de los cuerpos de agua.
A3	Me encantó la herramienta de <i>VEXcode VR (Virtual Reality)</i> . Es una herramienta curricular compatible con todos los principales navegadores <i>Web</i> libre de costo, donde los estudiantes aprenden. Cada lección lleva a los estudiantes a completar retos independientes para aplicar lo que han aprendido. El estudiante puede descargar cada proyecto y compartirlo con sus compañeros Es excelente para evaluación formativa y sumativa ya que incluye proyectos de práctica y lecciones con pruebas cortas al final de cada lección. Lo voy a utilizar en mis clases.
B1	<i>VEXcode VR (Virtual Reality)</i> es una herramienta curricular 100% basada en la <i>Web</i> que no requiere instalación y es compatible con todos los principales navegadores <i>Web</i> y dispositivos en computadoras y tabletas. Se aprende el pensamiento computacional y codificación. Luego de ver videos y <i>PowerPoints</i> , realizamos tareas y bonos. Aprendí a utilizar un sistema de recogido de basura en el fondo del mar, quiero aplicarlo en la clase de física, para practicar codificación y seguir instrucciones de pensamiento computacional, es excelente herramienta para inicio del año escolar. Los estudiantes de mi escuela toman en séptimo grado <i>STEM</i> y ya en noveno tienen conocimiento básico de programación. ¡Me fascinó profesora!

### ***Uso del simulador Gear Generator***

A continuación, se puede apreciar un ejemplo de la aplicación del simulador *Gear Generator* utilizado para la construcción de un sistema de engranajes lineal donde se muestran engranajes de diferentes diámetros. El plan de lección se muestra en la Figura 4.3 y el diagrama en la Figura 4.4. El diagrama muestra el entorno de *Gear Generator* compuesto por un panel de herramientas a mano izquierda y un área de diseño a la derecha, donde el usuario tiene la capacidad de construir diversos tipos de sistemas de engranajes. La integración del simulador *Gear Generator* facilitó el logro de los tres objetivos que aparecen el plan de la lección. En este caso tenemos una velocidad de 6 rpm (negativo seis revoluciones por minuto) y al correr la simulación se puede observar la dirección en que se mueven los engranajes, siendo en contra de las manecillas del reloj para el engranaje líder, lo cual es congruente con una velocidad negativa y estableciendo un patrón, donde los engranajes pares se mueven en la misma dirección y los impares en

dirección opuesta. Además, la relación entre el número de dientes de los engranajes permite establecer la razón de transmisión de velocidad, siendo de 2:1 entre el engranaje líder y el primer seguidor que al tener el doble de dientes tardará el doble de tiempo en dar una vuelta completa. Así que por cada dos vueltas que dé el líder, el primer seguidor solo podrá completar una vuelta.

Figura 4. 3

*Plan de lección integrando simulador Gear Generator*

**Título de la lección: Transferencia de movimiento, engranajes y poleas**

**Introducción:** Los engranajes y las poleas son mecanismos esenciales en la ingeniería y la automatización, ya que permiten la transferencia eficiente de movimiento y fuerza en distintos sistemas. Estos componentes son fundamentales para controlar la velocidad, dirección y potencia, desempeñando un papel clave en los sistemas automatizados. Se trabaja con el enfoque STEM calculando la razón de transferencia de velocidad entre los engranajes, mostrando su importancia en la física y la ingeniería aplicada.

**Objetivos:**

1. Identificar que la velocidad es una unidad vectorial, comprendiendo su magnitud y dirección en sistemas de engranajes.
2. Calcular la razón de transferencia de velocidad entre los engranajes para entender cómo la velocidad de entrada afecta la velocidad de salida en un sistema.
3. Reconocer patrones en la dirección de movimiento de los engranajes dentro de un sistema lineal para predecir su comportamiento según su disposición.

**Recurso tecnológico: Simulador Gear Generator**

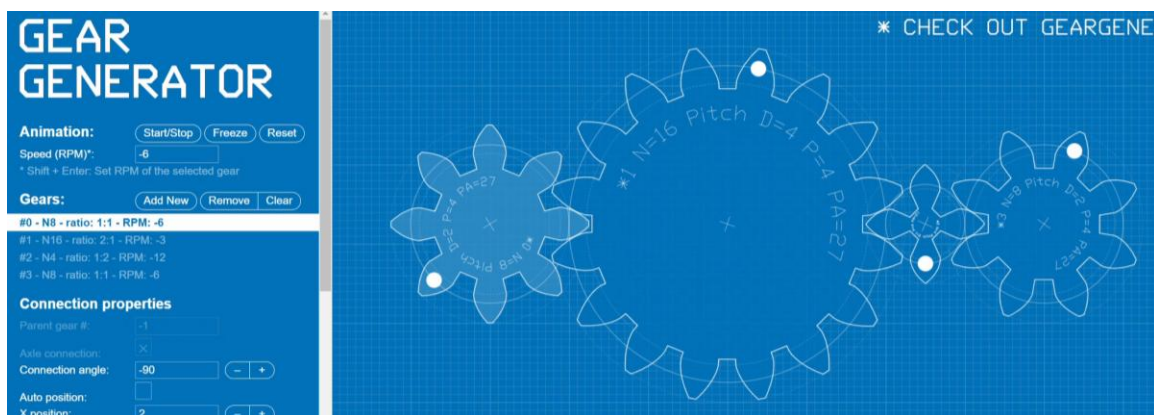
Este plan no solo fomenta la comprensión de principios físicos, sino que también destaca la relevancia de estos mecanismos en la ingeniería y la automatización industrial, fundamentales en la tecnología moderna.

Simuladores con estas capacidades son los que permiten que la tecnología sea considerada como materia prima para la construcción de conocimiento, según los principios del enfoque constructivista de (Papert y Harel, 2006; Stager, 2010). Además, estos ambientes simulados permiten que el usuario practique en un ambiente controlado y libre de riesgos donde puede poner a pruebas sus propias hipótesis y donde puede cometer errores y aprender de los mismos (Salinas y Ayala, 2017; Franco, 2013). Aunque

este es un simulador que puede tener usos avanzados de razón y transferencia de velocidad, también se puede adaptar para otros niveles donde se considere la dirección de rotación y establecer patrones sencillos que un niño de nivel elemental pueda comprender.

Figura 4.3

*Gear Generator: Simulador de sistemas de engranajes*



*Nota.* Ilustración tomada del Plan de Lección: Transferencia de movimiento, engranajes y poleas.

A continuación, se incluye un código QR para explorar la simulación del sistema.

Vea la Figura 4.5 o siga el enlace en la nota al calce.

Figura 4. 4

*Enlace web a Simulación del sistema de engranajes lineal*



*Nota:* URL <https://tinyurl.com/tesisSIM>

En la Tabla 4.3, se incluyen las reflexiones que realizaron los participantes en sus portafolios sobre el uso del simulador Gear Generator.

Tabla 4.3

*Fase 2: Reflexiones sobre el uso del simulador Gear Generator*

A1	Esta parte de la lección de este día de clases fue bien interesante y me encantó, porque llevaba tiempo de ver como trabajar este tema con mis estudiantes, pero con el reto de no contar con herramientas concretas para que los estudiantes puedan manipular los engranajes. De esta forma, puedo expresar que me encantó esta herramienta virtual de <i>Gear Generator</i> , ya que me ayuda a ofrecerle el manejo, comprensión y construcción de los engranajes sin la necesidad de contar con los materiales concretos. Claro está, no sustituye esa experiencia concreta, pero es el primer paso para luego ir trabajando la parte práctica, que no dudo en seguir buscando alternativas para que mis alumnos también tengan oportunidad en un futuro no muy lejano. Espero tener la oportunidad de integrar <i>kits</i> de <i>LEGO</i> , que ya estoy adquiriendo de mi parte y por donaciones <i>kits</i> de <i>VEX</i> , donde ellos puedan construir y poner en práctica el tema de engranajes.
A2	En esta clase estuvimos trabajando con engranajes y vocabulario nuevo. De primera instancia se me hizo difícil hasta que lo realicé. Esta trabaja de manera concreta y ayuda mucho a visualizarlo, ya que los engranajes se mueven y puedes observar cómo trabajan entre sí, dependiendo del patrón en que se encuentre el engranaje.
A3	En esta unidad aprendimos sobre engranajes. La llevamos a cabo para observar los cambios en direcciones y velocidades entre los engranajes de un sistema de engranajes. Se utilizó el programa de <i>Gear Generator</i> , una plataforma en línea y gratuita que permite crear sistemas con engranajes de diferentes tamaños. Aprendimos a establecer las direcciones en que corren los engranajes según la secuencia a favor o en contra de las manecillas del reloj.
B1	Aprendí el sistema de engranaje y lo practiqué a través de diferentes tareas. Utilice una plataforma <i>Gear Generator</i> . Es interesante y lo aplicaría con mis estudiantes en el tema de

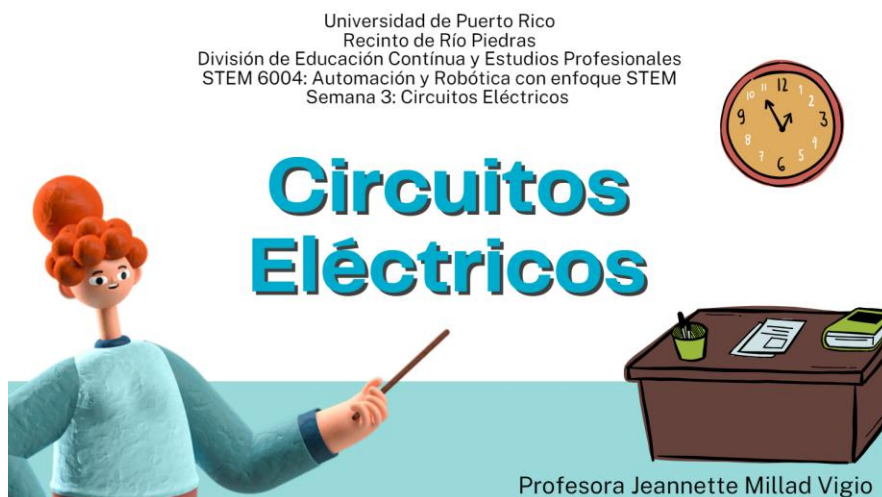
fuerza y crear diferentes modelos. Adicional se realizó una prueba corta para aplicar los conocimientos del tema Engranajes y transmisiones.
--

### *Uso del simulador TinkerCAD*

El simulador *TinkerCAD* fue el simulador principal del curso de Automatización y Robótica. La mayoría de los ejercicios de práctica tuvieron lugar en la semana 3. Como material complementario, se compartió con los participantes una Guía de ejercicios de práctica de los circuitos eléctricos que se diseñarían en la unidad (véase Figura 4.6). La misma fue elaborada en *Canva* y mostrarla era una forma de ejemplificar lo útil que es cuando un maestro crea contenidos en línea que faciliten la comprensión de los ejercicios de una forma llamativa y colorida. En la guía aparecería la lista de materiales, una imagen del circuito que debían diseñar con las conexiones y finalmente, la programación. Los maestros entrevistados se sintieron agradecidos por los materiales compartidos e indicaron haber compartido los mismos en la transferencia con sus estudiantes.

Figura 4.5

### *Guía de ejercicios de práctica de circuitos eléctricos*



Esta guía sirvió también para que los que quisieran adelantar proyectos se motivaran a hacerlo de forma independiente. Los participantes indicaron que esta guía y el resto de los materiales compartidos en clase fueron utilizados al transferir la experiencia de aprendizaje a sus aulas. Además, hicieron hincapié en lo agradecidos que estaban con la cantidad de recursos que se les compartieron desde el primer día de clases. La destreza de creación de contenidos digitales contempladas tanto en el Modelo *TPACK* de Mishra y Koehler (2006) como en los estándares ISTE y DIGCOMP son especialmente necesarias cuando atendemos un curso en línea. Es importante considerar todas las bondades que ofrece la virtualidad, en términos de no tener que estar gastando y consumiendo tanto papel ya que estos recursos son digitales. La ventaja de la integración de multimedios, sonido, color, imágenes y elementos de gamificación enriquecen los ambientes virtuales.

A continuación, se han escogido dos proyectos contenidos en la guía para la apreciación del lector.

Proyecto 1: Mezcladora de colores - En la Figura 4.7 se muestra el diseño de un prototipo robótico de mezcladora de tintes rojo, verde y azul para formar colores en formato *RGB* (las siglas corresponden en inglés a *Red, Green, Blue*). La mezcla de las diferentes combinaciones de intensidades de los tres colores, se mostraban mediante un *LED (light-emitting diode) RGB*.

El circuito está compuesto por un *LED RGB* (componente digital) y 3 potenciómetros (componentes análogos). Puede imaginar un potenciómetro como un botón con el que sube el volumen del radio. En nuestro caso, son tres potenciómetros (botones) y el usuario decide cuanto rojo, cuanto verde y cuánto azul va a mezclar para



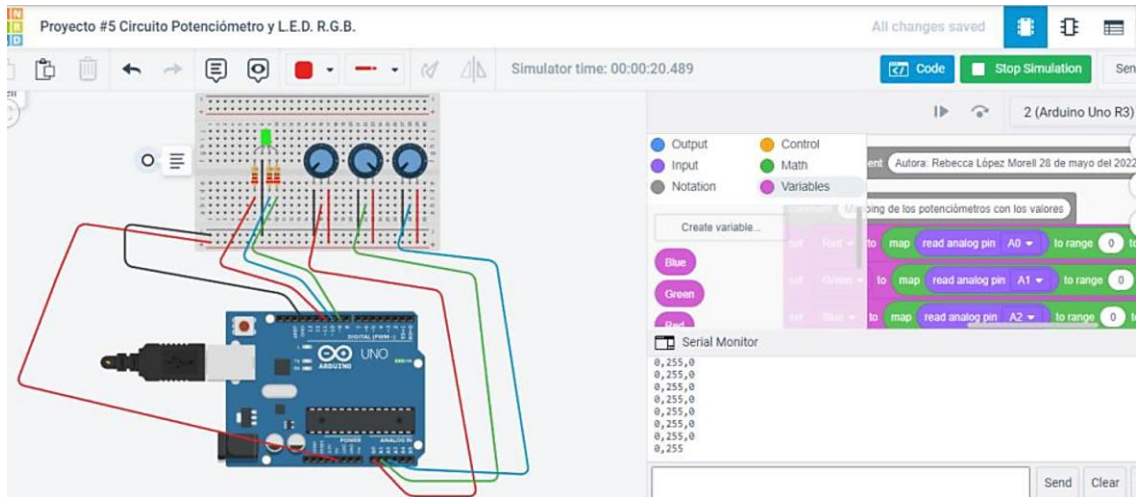
generar un color. Finalmente, el *LED RGB* tomaba el color correspondiente. La importancia de este proyecto era concienciar a los estudiantes de la conexión entre la robótica y el arte. Además, que conocieran los nuevos sistemas de colores digitales que permiten lograr representar millones de tonalidades. En el sistema de colores *RGB* (*Red, Green, Blue*), cada color se representa como una combinación de intensidades de rojo, verde y azul. Cada color puede tener un valor entre 0 y 255 en sistemas digitales, ofreciendo 256 niveles de intensidad por color. Para calcular el número total de colores posibles en el sistema RGB, multiplicamos los niveles de cada color:

$$256 \text{ (rojo)} \times 256 \text{ (verde)} \times 256 \text{ (azul)} = 16,777,216$$

En el sistema de colores *RGB* se pueden lograr 16.777,216 colores diferentes.

Observe en la Figura 4.6 el Circuito con Potenciómetros y *LED RGB*. Es un diseño realizado con el simulador *TinkerCAD Circuits*. El diagrama muestra las conexiones de los diversos elementos de circuito a la izquierda y la ejecución y valores obtenidos en la parte inferior derecha. En este caso, el valor *RGB* era 0,255,0 y el *LED RGB* brilla con color verde básico ya que la mezcla solicitada por los potenciómetros (los tres botones azules), no incluye nada de rojo ni de azul.

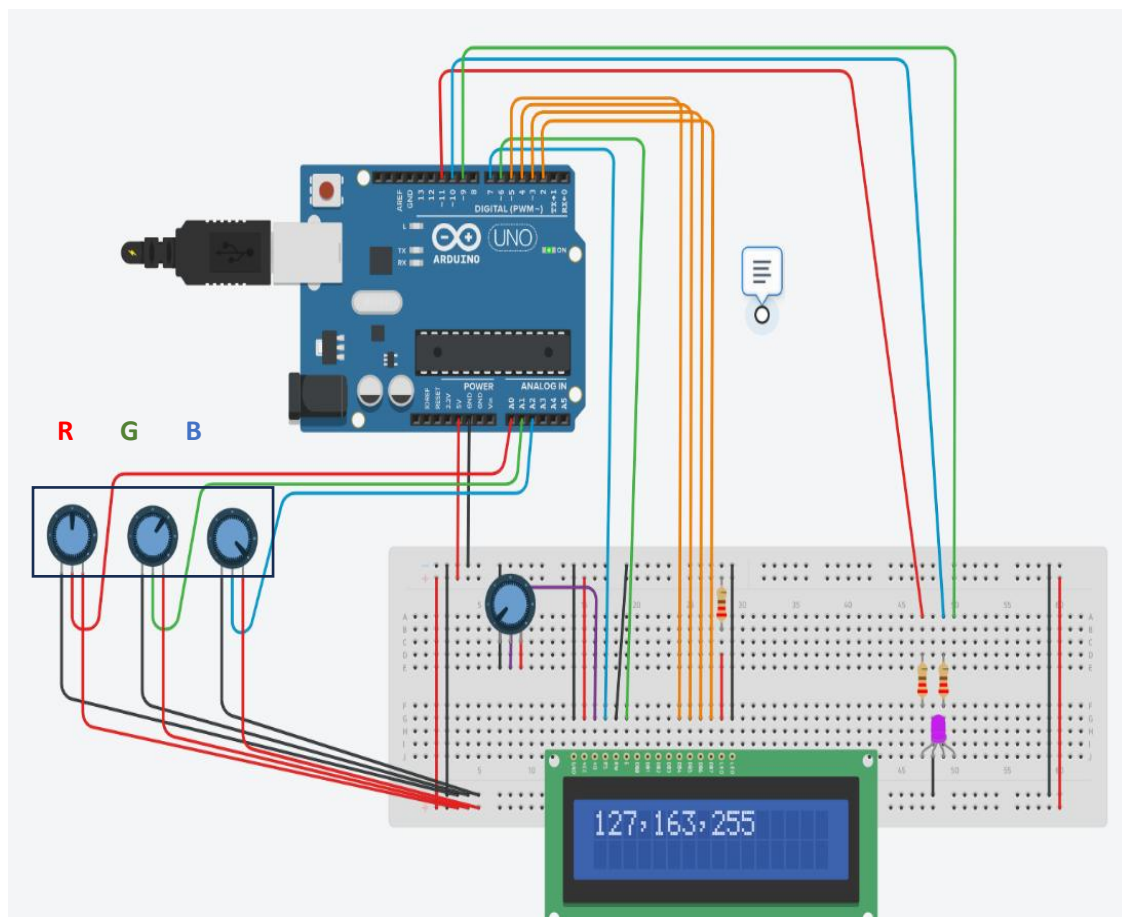
Figura 4.6

*Circuito con Potenciómetros y LED RGB*

Otra variante del mismo proyecto se muestra en la Figura 4.8 donde se incluye una pantalla *LCD (Liquid Crystal Display)* que muestra el valor de cada potenciómetro, representando el valor RGB. Observe que el *LED RGB* ha asumido un color *Fucsia*, o casi Violeta.

Figura 4.7

*Variante del Proyecto #1: Mezcladora de colores RGB con pantalla LCD*



*Nota.* Proyecto realizado con el simulador *TinkerCAD Circuits*.

En la Figura 4.9 muestra el código en Arduino que fue utilizado para programar el circuito.

Figura 4.8

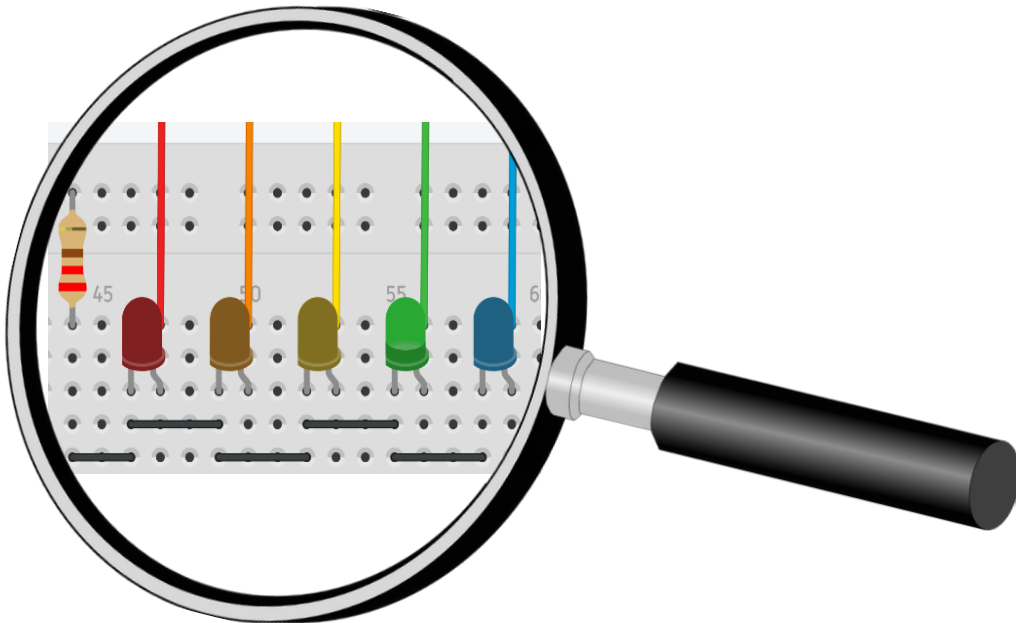
*Código del Proyecto #1: Mezcladora de colores RGB en Arduino*

<pre>// C++ code // #include &lt;LiquidCrystal.h&gt; int Distancia = 0; int Red = 0; int Green = 0; int Blue = 0; int RGB = 0;  LiquidCrystal lcd_1(7, 6, 5, 4, 3, 2);  void setup() {   lcd_1.begin(16, 2); // Set up the number of columns and rows on the LCD.   pinMode(A0, INPUT);   pinMode(A1, INPUT);   pinMode(A2, INPUT);   pinMode(11, OUTPUT);   pinMode(10, OUTPUT);   pinMode(9, OUTPUT); } </pre>	<pre>void loop() {   Red = map(analogRead(A0), 0, 1023, 0, 255);   Green = map(analogRead(A1), 0, 1023, 0, 255);   Blue = constrain(analogRead(A2), 0, 255);   RGB = Red;   analogWrite(11, Red);   analogWrite(10, Blue);   analogWrite(9, Green);   lcd_1.setCursor(0, 0);   lcd_1.print(Red);   lcd_1.setCursor(3, 0);   lcd_1.print(",");   lcd_1.setCursor(4, 0);   lcd_1.print(Green);   lcd_1.setCursor(7, 0);   lcd_1.print(",");   lcd_1.setCursor(8, 0);   lcd_1.print(Blue);   delay(10); // Delay a little bit to improve simulation performance } </pre>
--	---

Proyecto 2: Sensor de humedad de terreno - Esta vez, le presentamos un proyecto que ayude a evaluar cuando un terreno necesita agua. Primero se trabajó con la versión más sencilla del proyecto utilizando 5 *LEDs* como indicadores de cuan húmedo o seco estaba el terreno. El proyecto consistió de un sensor de humedad de suelos que cuando está en contacto con el terreno obtendrá un valor entre 0 y 1023. El sensor de humedad de terreno es un componente análogo. Dependiendo del valor que registre el sensor, si el terreno está muy seco se prenderá el *LED* Rojo y si estuviera muy húmedo, se prendería el *LED* azul. La Figura 4.10 representa una vista ampliada de la gráfica de colores construidos con *LEDs* que aparece en la Figura 4.9. Como el terreno está bastante húmedo, es representado preñdiendo el *LED* Verde.

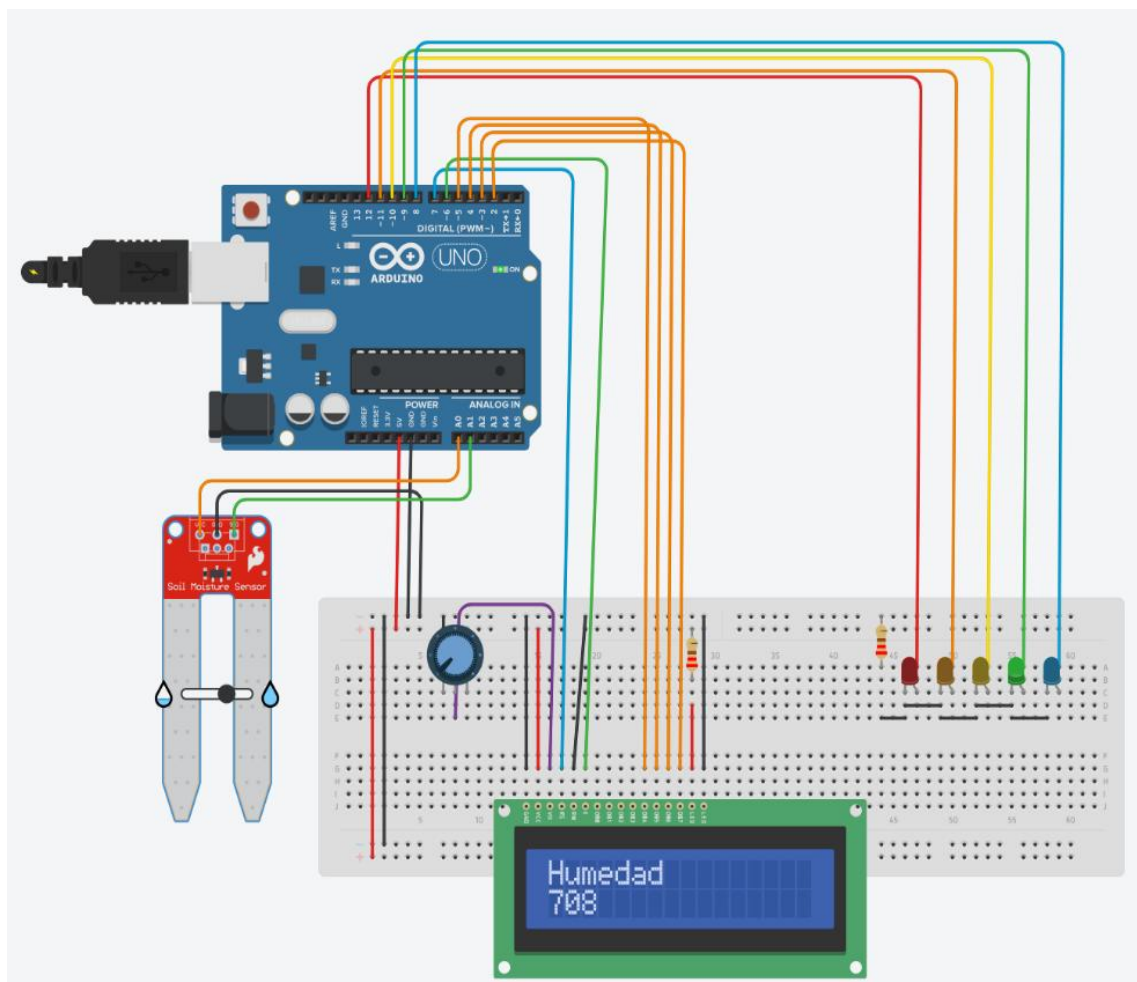
Figura 4.9

*Ampliación de la gráfica de humedad del Proyecto #2*



Observe, a continuación, en la Figura 4.11, el Diseño del circuito del Proyecto #2: Gráfica del Sensor de Humedad de Terreno. El valor registrado por el sensor de humedad de terreno es 708 y este valor aparece desplegado en una pantalla *LCD*. De esta forma, se está mostrando la humedad del terreno mediante dos vías, utilizando el *LED* de color verde, y mostrando el valor específico registrado por el sensor de humedad, en la pantalla *LCD*.

Figura 4.10

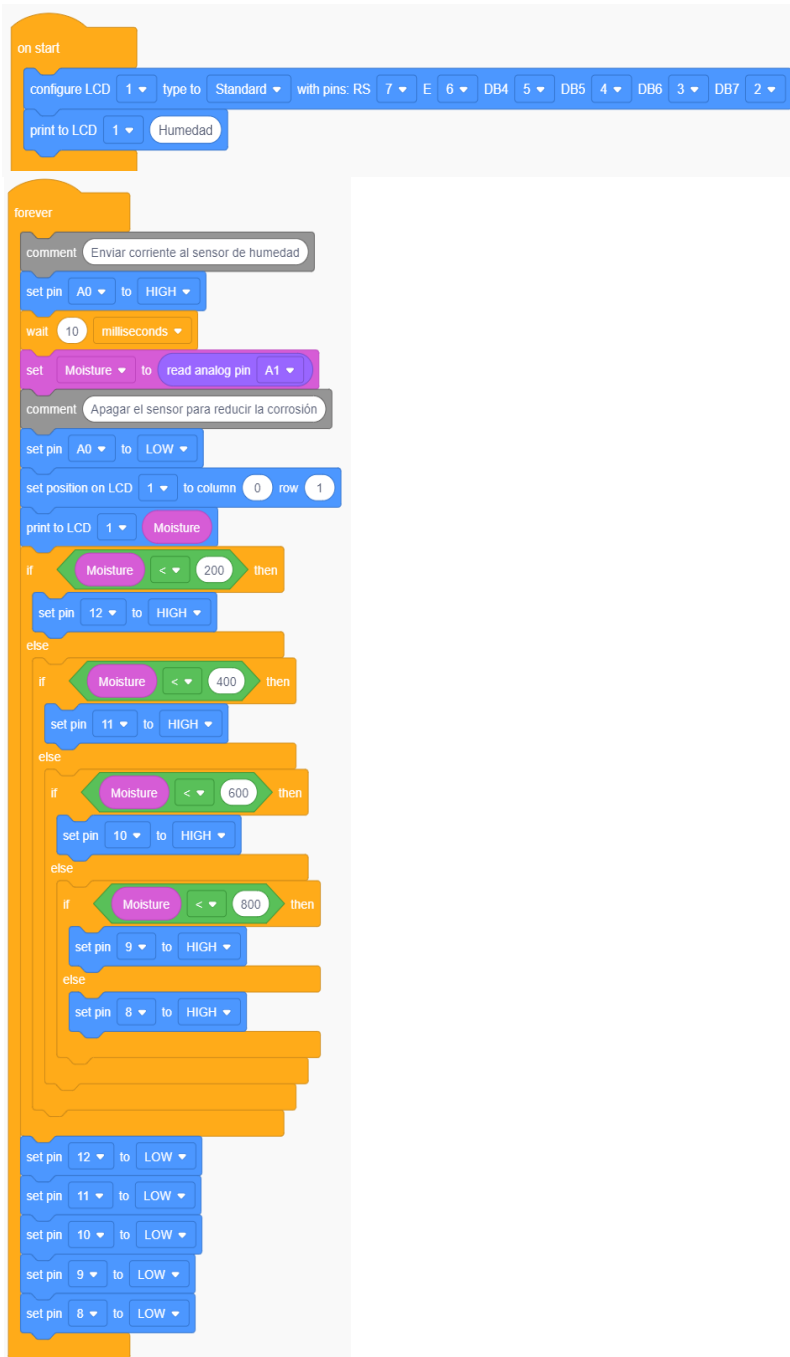
*Diseño del Proyecto #2: Gráfica del Sensor de Humedad de Terreno*

*Nota. Simulador TinkerCAD Circuits.*

En la Figura 4.12 se observa el código de programación utilizado para programar este prototipo. Observe que, en esta ocasión, en lugar de ver el código en texto (Arduino), se utilizaron unos bloques tipo Scratch. Este tipo de bloque se conoce como *Blockly* y fue desarrollado por la Universidad MIT (*Massachusetts Institute of Technology*).

Figura 4.11

*Programación con bloques del Proyecto #2: Gráfica del Sensor de Humedad de Terreno con LEDs de colores*



En la Tabla 4.4 se observan las Reflexiones de los participantes sobre el uso del simulador *TinkerCAD Circuits* para el diseño de circuitos eléctricos.

Tabla 4.4

*Reflexiones sobre el uso del simulador TinkerCAD*

A1	Esta fue una de las clases más anheladas de recibir. Porque Arduino y <i>TinkerCAD</i> son plataformas para el manejo y desarrollo de circuitos que llevo estudiando de manera autodidáctica; para poder trabajar con mis estudiantes en la sala de clases y en mi Proyecto <i>STR3EAM</i> . Por ello, ya contaba con un conocimiento básico, pero esta clase me ayudó a ampliar otras áreas que me ayudarán este próximo año escolar para trabajar y aplicar con mis alumnos.
A3	Esta plataforma de <i>TinkerCAD</i> es una herramienta en línea gratuita que permite crear circuitos que integran placas Arduino y componentes electrónicos. Nos permite diseñar circuitos de manera virtual sin necesidad de disponer físicamente de los equipos.
B1	Comentarios por proyecto de <i>TinkerCAD</i> . Proyecto 1 Comencé a trabajar con <i>LED</i> y baterías 9V y a utilizar la <i>app</i> y ver el programa en códigos. Proyecto 2 Comienzo el programa en bloques y a crearlos, esta tarea me ayudó a entender todo el proceso básico en la programación. En este proyecto, de luces de tránsito, tuve la oportunidad de practicar y entender mejor el proceso. Me encantó, y lo aplicaría en la clase de física, en el tema de velocidades y definitivamente en circuitos. Proyecto 5 En este proyecto se integraron los potenciómetros y como se pueden observar los cambios de colores en las bombillas <i>LED</i> RGB. Me gustó utilizar los potenciómetros en esta actividad y utilizarlos para cambiar la intensidad en las bombillas, y así poder ver diferentes colores. En este proyecto número 7, es donde ya lo realizó con mayor confianza. Me interesó mucho para la clase de física, pero también para mi proyecto de <i>STEM PBL</i> de sensor de CO <sub>2</sub> . Sería excelente herramienta para monitorear cantidad de CO <sub>2</sub> . Gracias Profesora. Manipular los sensores y enseñar a los estudiantes diferentes alternativas para algunos laboratorios de física, es excelente. Proyecto 8 Utilizando un sensor de humedad se observa de menor humedad (color rojo) a mayor humedad (color azul) y como los colores de las <i>LED</i> van cambiando, el sensor se puede manipular cuando está con corriente. Me gustó mucho la actividad ya que podemos utilizarlos en laboratorios ambientales y el estudiante pueda comparar. Me imagino que los agricultores tienen aquí excelente herramienta y accesible.
B2	Haber trabajado estas tareas, me ayudó mucho a entender más el uso del <i>TinkerCAD</i> y la programación con el Arduino Uno. Ya que lo había usado anteriormente y solo usaba la programación en texto, pero ahora aprendí como usar la programación en bloque y texto a la misma vez. Ya que ayudaría más al estudiante a usar ese tipo de programación en distintos usos como lo vimos en estas tareas que fueron de gran ayuda.

***Utilidad de los simuladores en la enseñanza***

Tomando como coyuntura los proyectos presentados: el primero como ejemplo para de integración de la A de Artes en *STEAM*, y el segundo donde buscamos conocer la humedad del suelo para tomar decisiones sobre cuando es necesario añadir agua a un cultivo, procedamos a abordar lo que señalan algunos teóricos sobre el uso de



simuladores para la enseñanza. Según Franco (2013), los simuladores son herramientas tecnológicas que vienen incorporándose como recursos educativos en experiencias de enseñanza-aprendizaje desde la década del 60. Salinas y Ayala (2017) ubican sus comienzos desde los años 70's habiéndose utilizado para entrenamientos en campos como la medicina, la aviación y la milicia. A través de estas herramientas tecnológicas, los estudiantes pueden disfrutar de actividades y experiencias representativas de la realidad, que de otra manera no podrían experimentar por tratarse de actividades de alto riesgo y complejidad. Salinas y Ayala (2017) indican que su potencial radica en permitirle al estudiante la posibilidad de manipular modelos de fenómenos o situaciones y poner a prueba la funcionalidad de los modelos mentales que construye. Franco (2013) señala que con simulaciones se puede sumergir a los aprendices en situaciones que permitan evidenciar lo que saben, lo que pueden hacer y cómo piensan que debe hacerse, ya que muchas simulaciones desarrollan las destrezas de toma de decisiones, un aspecto importante del pensamiento y de la resolución de problemas. En fin, el propósito del uso de simuladores es el de llevar al estudiante o aprendiz a desenvolverse en situaciones lo más aproximado a la realidad en condiciones seguras, con variables controladas, sin riesgos, con menores costos y permitiendo el error como experiencia de aprendizaje.

La virtud de los simuladores como recursos educativos está en permitir que el estudiante manipule modelos físicos que lo llevan a activar y restaurar sus modelos mentales para construir modelos explicativos. Con un enfoque constructivista y experimental, el estudiante usa sus herramientas cognitivas para resolver el problema y evidencia la eficiencia de su propio modelo (Salinas y Ayala, 2017). Además, retomando

lo discutido sobre el construccionismo de Papert y Harel (1991), una plataforma como *TinkerCAD Circuits* utiliza la tecnología como materia prima para construir un modelo o la representación de un circuito. Por su parte, la capacidad de *TinkerCAD Circuits* para programar ese circuito, permite al que diseña, el desarrollo del pensamiento computacional, propuesto por Jeannette Wing (2010), integrando la toma de decisiones basados en el cumplimiento de ciertas condiciones. También, el aprendizaje por descubrimiento propuesto por Jerome Bruner (Eleizalde et al., 2010), el aprendizaje significativo de David Paul Ausubel (1976), y aprendizaje basado en experiencias propuestos por John Dewey (1938); Knowles (1970) y Lindeman (citado en Davis, 1986). Además, el constructivismo y el aprendizaje basado en problemas propuesto por Vygotsky, Piaget y Ausubel (1976).

Tanto Salinas y Ayala (2017) como Franco (2013) coinciden en que los maestros muestran una actitud positiva hacia el uso e integración de los simuladores en el salón de clase, pero que están carentes de adiestramiento para su uso e integración. Por eso es importante capacitar en estas tecnologías a los maestros.

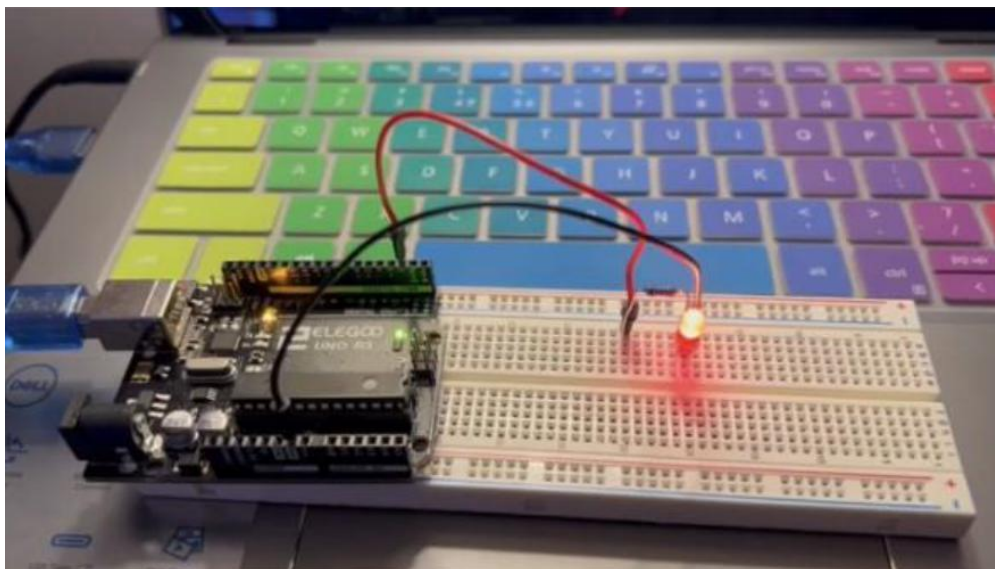
Ya finalizando este recuento de teóricos cuyos diversos enfoques pedagógicos convergieron en el curso de Automatización y Robótica con enfoque *STEM* que sirvió de punto de partida para esta investigación, terminamos recalcando la importancia de que el docente del siglo 21 tenga el Conocimiento Tecnológico Pedagógico del Contenido para ser más efectivo cuando las circunstancias no le permitan tener al alcance las herramientas concretas o físicas que normalmente se dan en un curso presencial.

Última semana: Transferencia de *TinkerCAD* a lo físico utilizando equipos comprados de forma independiente por los participantes

En la Figura 4.13 se puede apreciar el primer proyecto físico que los participantes realizaron. Aunque la certificación *STEM PBL* no contó con equipos físicos para los participantes, algunos, por cuenta propia adquirieron un *kit* de robótica *Elegoo*. Para estos maestros, la profesora mostró cómo descargar los programas requeridos y realizó algunos ejercicios básicos que los participantes pudieron realizar en sus casas. Tan pronto los ejercicios pasaron de lo virtual a lo concreto, las expresiones de los participantes no se hicieron esperar. Los maestros se mostraron entusiasmados al poder ver que, aquello que se había practicado de forma virtual, funcionaba de forma concreta con sus *kits* de robótica. Esto los motivó muchísimo e indicaron que estaban deseosos de compartirlo con sus estudiantes. En ese punto todo cobró mayor sentido y muchos se animaron a conseguir sus equipos. En la Tabla 4.5, se incluyen las reflexiones que realizaron algunos participantes que pudieron adquirir sus *kits* de robótica.

Figura 4.12

*De lo virtual a lo físico: TinkerCAD a Arduino*



*Nota.* Foto del portafolio electrónico de la participante A1.

Tabla 4.5

*Fase 2: Reflexiones sobre la transferencia de lo virtual a lo físico*

A1	Esta clase me encantó, porque así pude completar esos elementos que todavía necesitaba aprender y depurar en esta área de la robótica. No puedo dejar a un lado, la emoción de poder ver cómo me funcionaba la ejecución concreta del proyecto en <i>TinkerCAD</i> con el kit de <i>Elegoo</i> . Yo me imagino que así mismo mis alumnos lo van a experimentar cuando ellos vivan esta experiencia. Estoy bien agradecida de estas experiencias, porque me abrió paso para seguir estudiando y creciendo en el tema, que definitivamente voy a aplicar con mis alumnos. También tengo que destacar que estoy sumamente agradecida por las guías y los manuales, porque eso me ayuda a seguir estudiando y creando nuevos proyectos con mis estudiantes. Siento que el cielo es el límite, esto es como un vicio, comencé y no puedo parar de seguir aprendiendo y aplicando, y sobre todo la emoción cuando vea las caritas de mis estudiantes disfrutando en la creación de estos proyectos.
A3	Arduino es una herramienta que nos sirve para entender cómo funcionan las cosas en el mundo digital que vivimos actualmente. Nos motiva a hacer proyectos interactivos que faciliten el aprendizaje de cualquier asignatura sin estar relacionada con la tecnología.

Por último, el participante B3 decidió hacer una reflexión global de la experiencia que nos parece pertinente compartir.

El curso STEM 6004 ha sido para mí una experiencia inolvidable. El poder ver lo que quiero hacer y al nivel que aspiro llegar, me da mucha energía para continuar con mi capacitación en robótica y automatización. La profesora ha compartido sus conocimientos, materiales y herramientas que por mi parte utilizaré y aplicaré en mis cursos. El DE debe continuar capacitando a todos los maestros para que logren certificarse en STEM. El uso y aplicación de este currículo nos puede ayudar a salir del estancamiento que el sistema educativo del país refleja desde hace muchos años. A los jóvenes les gusta todo lo que tiene que ver con tecnología, y la robótica principalmente es un tema que les llama mucho la atención. Cuando estos estudiantes son entrenados en robótica estamos preparando estudiantes que con mucha probabilidad van a continuar estudios en ingeniería. Esto lo comentó el ingeniero Yamil Martínez que nos habló sobre estructuras de VEX. Ya he tenido la buena experiencia de lograr que mis estudiantes continúen estudios en ingeniería. Con la robótica y automatización puedo reforzar aún más el que sigan esa línea. Antes el DE utilizaba STEM solo con unos cursos en específico y no se aplicaba a toda la matrícula, eso para mí fue un error al solamente impactar a una élite de estudiantes. Yo quiero STEM para todos, desde grados primarios hasta el nivel universitario. Que este currículo no sea utilizado para segregar, sino para inclusión.

### ***Resumen de la Fase 2: Durante el curso***

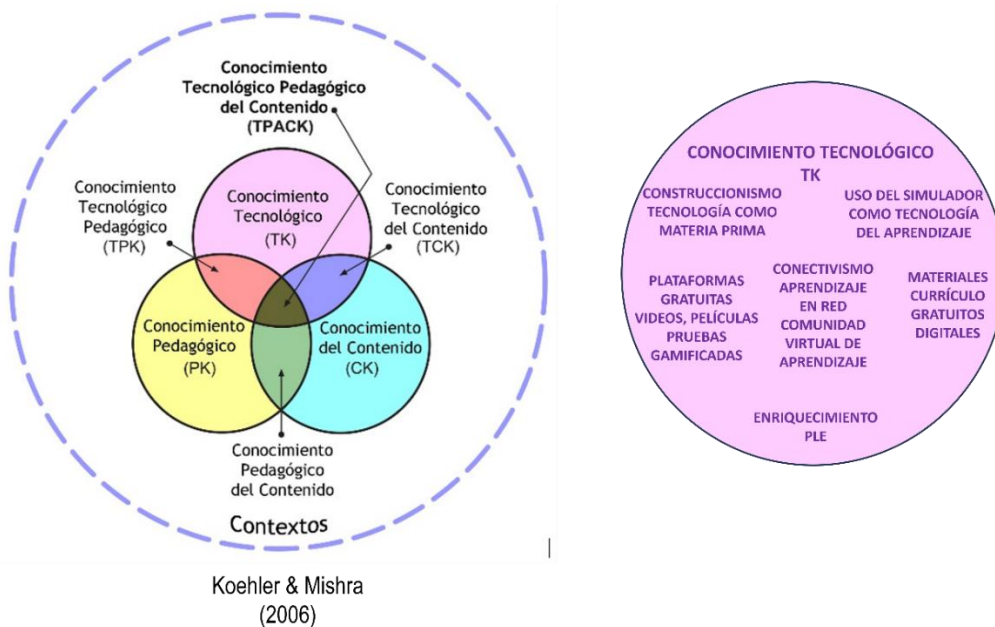
En primera instancia contemplemos el enriquecimiento del Círculo de Conocimiento Tecnológico, y por ende, del Conocimiento Tecnológico Pedagógico del Contenido (Mishra y Koehler, 2006), que se trata de conocer las tecnologías adecuadas para enriquecer el aprendizaje en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Es importante señalar que más allá de tratarse de un curso de robótica, lo que buscaba esta investigación era conocer la experiencia del participante con los simuladores como herramienta virtual de aprendizaje, al transferir el aprendizaje a sus aulas. Estas herramientas virtuales que aprendieron a utilizar en el curso de robótica pasaron a ser parte de su “Entorno Personal de Aprendizaje” (PLE) para salir adelante en el curso. De igual forma, estas herramientas

virtuales les servirían para enseñar robótica si en el futuro no contaran con equipos de robótica físicos o de forma complementaria si contaran con equipos.

En la Figura 4.14 resumimos el enriquecimiento de este conocimiento que incluye: el uso de la tecnología como materia prima para la construcción del conocimiento propuesto por Stager (2010), uso del simulador como tecnología del aprendizaje (Stager, 2010), el uso de plataformas gratuitas, currículos en línea y otros recursos digitales como nodos de conocimiento según propuesto por Siemens y Downes, el conectivismo, el aprendizaje en red y las comunidades virtuales de aprendizaje, principalmente por Siemens y el enriquecimiento del PLE de cada participante a través del uso de diversas plataformas modeladas en el curso.

Figura 4.13

*Enriquecimiento del Conocimiento Tecnológico*



Todos los simuladores que se integraron en el curso están alojados en línea, son de uso gratuito y tienen el propósito de ser utilizados como apoyo para la enseñanza de conceptos relacionados al diseño de ingeniería, el pensamiento computacional (algoritmos y codificación) y el diseño de circuitos eléctricos. De hecho, el simulador VEX VR cuenta con un currículo en línea gratuito de Ciencias de Cómputos con lecciones detalladas y video tutoriales en dos niveles: principiantes utilizando programación con bloques tipo Scratch o en Código mediante el lenguaje Python. El mismo está disponible en inglés y español y es un ejemplo de la importancia de la creación de contenidos digitales que persiguen los estándares de enseñanza ISTE y DIGCOMP. La compañía VEX creó estos contenidos ya que las competencias nacionales y mundiales presenciales se vieron impedidas por la Pandemia del COVID 19 en 2020 y se ha convertido en un portal rico en materiales para incluir en cualquier curso con enfoque STEM. El uso de este tipo de simuladores como tecnologías del aprendizaje es congruente con los planteado en el enfoque de conectivismo propuesto por Siemens y Downes, ambos teóricos, proponentes del concepto del aprendizaje en red. En el caso de Downes, cuyo enfoque está dirigido más a las conexiones con diversas plataformas como nodos donde hallar el conocimiento. El uso de estas tecnologías para el aprendizaje es además congruente con la filosofía del Construccinismo propuesto por Papert y Harel y los principios del construccionismo propuesto en la tesis doctoral del Dr. Gary Stager en donde se considera a la tecnología como materia prima para la construcción del conocimiento. Repasamos nuevamente los principios del construccionismo a continuación:

1. Aprender haciendo
2. Tecnología como material de construcción
3. Diversión desafiante
4. Aprender a aprender
5. Gestión del tiempo
6. Aprender de los errores
7. Experiencia compartida
8. Era digital

Se resumen a continuación los hallazgos de la Fase 2: Durante el curso. Se contextualizó la discusión dentro de seis categorías que aparecieron consistentemente en las reflexiones de los participantes. Estas son: 1) Experiencia de Aprendizaje; 2) Facilidad usando la interfaz; 3) Currículo; 4) Impacto Emocional y Motivación; 5) Desafíos y Limitaciones; y 6) Recursos y Apoyo.

**1. Experiencia de aprendizaje.** Los participantes destacaron cómo el simulador *VEXcode VR* facilitó el aprendizaje de conceptos de programación y pensamiento computacional de forma interactiva y práctica. En *Gear Generator* los educadores encontraron valiosa la visualización dinámica de engranajes en movimiento, lo cual les ayudó a comprender mejor la mecánica y la física involucrada. *TinkerCAD Circuits* fue elogiado por permitir a los estudiantes diseñar y simular circuitos electrónicos, fortaleciendo su comprensión teórica a través de la práctica.

**2. Facilidad usando la interfaz.** Los participantes apreciaron la interfaz intuitiva de *VEXcode VR*, que resultó accesible incluso para aquellos con conocimientos limitados



de inglés y poca experiencia previa en programación. La simplicidad de *Gear Generator* fue crucial para su adopción rápida, permitiendo a educadores y estudiantes empezar a trabajar sin largas curvas de aprendizaje. *TinkerCAD Circuits* recibió comentarios positivos sobre su plataforma fácil de usar, que integra la programación en bloques y en texto, facilitando el aprendizaje a diferentes niveles.

**3. Currículo.** *VEXcode VR* fue considerado una herramienta excelente para integrar en el currículo escolar, proporcionando lecciones estructuradas que se alinean con objetivos educativos. Especialmente los maestros de ciencia encontraron este simulador muy bueno para integrar en sus clases. En cuanto a *Gear Generator*, los profesores (participantes) planifican incorporarlo en futuras clases de física y matemáticas para explicar conceptos de fuerzas y movimiento mediante simulaciones visuales. *TinkerCAD Circuits* fue valorado como un recurso esencial para proyectos de física y tecnología, donde los estudiantes pueden aplicar lo aprendido en situaciones del mundo real.

**4. Impacto emocional y motivación.** La posibilidad de obtener certificaciones a través de *VEXcode VR* motivó a los participantes a profundizar en su aprendizaje, incrementando su compromiso con el curso. ¡Había que verlos alardeando sobre quién recogió más kilogramos de basura del fondo del mar! El uso de *Gear Generator* generó un entusiasmo notable entre los estudiantes, quienes se emocionaron al poder manipular y entender sistemas de engranajes sin necesidad de equipos físicos. *TinkerCAD Circuits*

inspiró a los alumnos a explorar más allá del aula, aplicando sus conocimientos en proyectos personales y escolares, aumentando su confianza y curiosidad.

**5. Desafíos y limitaciones.** Algunos participantes expresaron dificultades iniciales con el idioma inglés en *VEXcode VR*, aunque la estructura de la plataforma ayudó a mitigar este problema. En *Gear Generator*, aunque fue altamente educativo, los educadores mencionaron la necesidad de complementar las simulaciones con experiencias prácticas físicas. Aunque los participantes quedaron muy emocionados cuando vieron la transición de la robótica virtual de *TinkerCAD Circuits* al mundo físico (entiéndase, cuando vieron por primera que los *LEDs* prendían y apagaban en el mundo real como planificado en la aplicación virtual), algunos enfrentaron retos en términos de integración con hardware real, limitando algunas aplicaciones más avanzadas. Esto es así porque en el simulador ya hay unas bibliotecas de recursos integradas, pero en el mundo real, habría que descargarlas y llamarlas (*include library*) al comienzo del programa.

**6. Recursos y apoyo.** Cabe señalar que como el curso de robótica era el cuarto curso de la certificación, ya los profesores de los cursos anteriores habían hecho observaciones sobre el perfil tan diverso de los participantes. Esto permitió a la profesora del curso de robótica (que es además la investigadora), colocar materiales y recursos dirigidos a distintos grados y enfoques educativos. El simulador *VEXcode VR* estaba más dirigido a escuela elemental o intermedia y la actividad titulada Limpieza de Arrecifes de Coral en donde se mostraba a un robot limpiando el fondo de los océanos para proteger los arrecifes de coral, fue una de las preferidas entre los participantes. Además, la aplicación incluye un enlace a un currículo completo que incluye videos y pruebas cortas

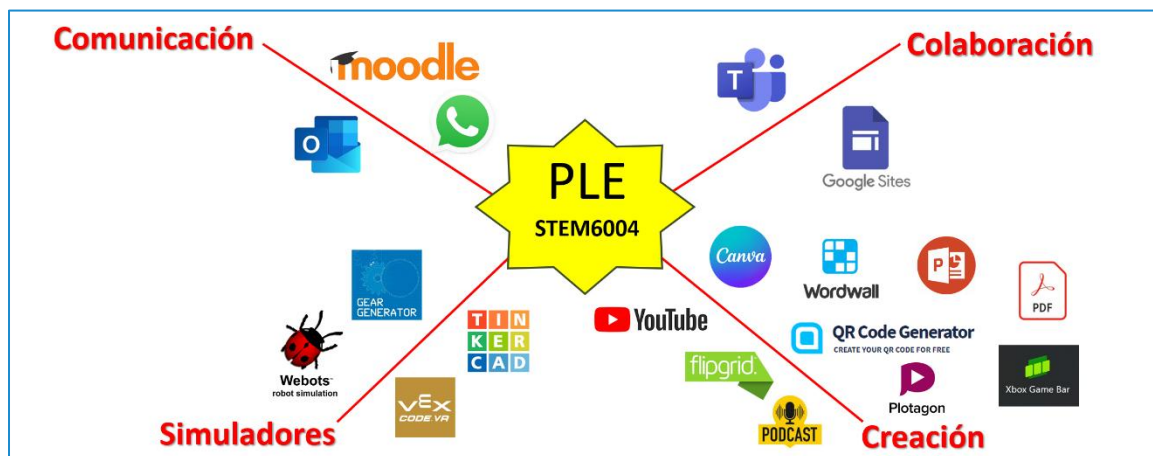
que enriquecieron su experiencia de aprendizaje. Cualquier maestro puede certificarse de forma gratuita en varias de las certificaciones ofrecidas en el portal de VEX. Para el simulador *Gear Generator*, se proveyeron diversos enlaces a video tutoriales disponibles en *YouTube* que los participantes apreciaron. Para *TinkerCAD Circuits*, la profesora elaboró una guía paso a paso (creada en *Canva*) para hacer cada ejercicio de práctica. Los maestros estaban entusiasmados porque podrían contar con estos materiales para integrar en sus salones de clase al comenzar el año escolar. Por último, cada clase quedaba grabada para que los participantes que no hubieran podido estar presentes pudieran ver o repasar cada lección sincrónica.

La utilización de simuladores como *VEXcode VR*, *Gear Generator* y *TinkerCAD Circuits* demostró ser una solución invaluable ante la falta de acceso a equipos físicos, permitiendo a los participantes del curso continuar con su formación práctica de manera efectiva. Estas herramientas virtuales no solo compensaron la ausencia de recursos materiales, sino que también enriquecieron la experiencia de aprendizaje al ofrecer entornos seguros y controlados donde podían experimentar y explorar conceptos técnicos sin las limitaciones del mundo físico. Esta flexibilidad fue crucial en un contexto educativo que enfrenta restricciones presupuestarias y logísticas, demostrando que la tecnología puede ser un aliado fundamental en la educación, proporcionando oportunidades de aprendizaje continuo y accesible para todos.

En la Figura 4.15 se muestra cómo la integración de diversas herramientas tecnológicas y recursos virtuales, entre ellos simuladores, fueron nutriendo el entorno personal de aprendizaje dentro del ambiente virtual de aprendizaje.

Figura 4.14

*Enriquecimiento del PLE durante el curso de STEM6004: Automatización y Robótica con enfoque STEM*



*Nota.* Basado en el modelo de Entorno Personal de Aprendizaje dentro del conectivismo de Stephen Downes, 2010; Graham Attwell, 2010)

### Fase 3: Después del curso

Dado que esta investigación fue una de diseño fenomenológico, repasemos algunos de los objetivos y fundamentos que se persiguen en este tipo de diseño. Van Manen (1999, p. 56, según citado en Fuster, 2019) indica que el objetivo de la fenomenología reside en transformar la experiencia vivida en una expresión textual de su esencia, de manera que el efecto del texto represente un revivir reflejo y una apropiación reflexiva de algo significativo: en la que el leyente cobre vida con fuerza en su propia experiencia vivida. Nuestra intención en esta fase fue convertir en esa expresión textual las experiencias vividas por nuestros participantes en la transferencia de su aprendizaje al salón clases.

Taylor y Bogdan (2015, p.21) señalan que la fenomenología se fundamenta en las siguientes premisas: 1) describir y entender los fenómenos desde el punto de vista de cada participante y desde la perspectiva construida colectivamente; y 2) el investigador debe contextualizar las experiencias en términos de su temporalidad (tiempo en que sucedieron), espacio (lugar en el cual ocurrieron), corporalidad (las personas físicas que la vieron) y el contexto relacional (los lazos que se generaron durante las experiencias). Sin duda alguna, el análisis de las entrevistas en profundidad es la mejor fuente para conocer de cada participante de forma individual como colectiva. Un punto que añadió confianza para la selección del diseño fenomenológico de esta investigación fue que entre los fundamentos que señalan Taylor y Bogdan estuviera el asunto de contextualizar las experiencias según su temporalidad y espacio, ya que esta investigación examinó la información en tres tiempos distintos: Fase 1: Antes del curso, Fase 2: Durante el curso y Fase 3: Después del curso, que los ubica en nuestro presente dos años después de tomar la Certificación *STEM PBL*.

### ***La entrevista***

La técnica utilizada en esta fase para obtener la información fue la realización de entrevistas en profundidad a seis participantes que indicaron haber transferido la experiencia de aprendizaje del curso de Automatización y Robótica utilizando simuladores a sus salones de clase el año siguiente (2022-2023). Utilizando los horarios que indicaron en el cuestionario de invitación, se le confirmó a cada participante la fecha y hora de entrevista, mediante correo electrónico. El día de la entrevista, el uso del protocolo de entrevista, las guías de Creswell y Hernández y la evaluación del proceso al

terminar cada entrevista sirvió para que las mismas fueran más fluidas y eficientes. Contar con la herramienta *Tactiq* fue una ventaja, ya que, al finalizar la grabación, la misma era procesada con prontitud proveyendo una transcripción que, aunque no era tan precisa, ayudaba a agilizar el proceso. *Tactiq*, además permitió cambiar el nombre del entrevistado por su pseudónimo A1, A2, A3, B1, B2, B3, con un solo clic. Sin duda alguna, es una aplicación que planifico continuar usando. Solo hubo problemas con una entrevista, que nunca se procesó, pero, al tener la grabación guardada de forma automática dentro de *Meet Recordings*, solo hubo que volverla a procesarla con *Tactiq* para obtener la transcripción.

Para las entrevistas se estableció un protocolo que funcionó como libreto donde la entrevistadora hacía preguntas. Primero, debía quedar grabado que, tras leer la hoja de consentimiento informado, el participante estaba de acuerdo en participar. Además, en el protocolo se registraba información como fecha, hora y lugar de la entrevista y se agradecía al participante por permitir la oportunidad. Una vez CIPSHI autorizó comenzar el proceso de entrevistas, se procedió a convocar a los maestros a través del correo electrónico de los participantes de la certificación. La entrevista virtual se grabó en la plataforma *Google Meet* donde fue transcrita simultáneamente por la extensión *Tactiq*, una aplicación que utiliza tecnología artificial para reconocer la voz del que habla y puede separar en forma de guion, las expresiones del entrevistador y el entrevistado. Una ventaja de la aplicación es que, aunque reconoce el nombre de usuario a través de la plataforma de videoconferencia que se esté utilizando (*Google Meet*, *MsTeams* o *Zoom*), se le puede pedir que cambie el nombre del entrevistado por un pseudónimo como A1, y

de inmediato, todas las instancias donde aparecía el nombre del entrevistado quedan escondidas detrás de su pseudónimo. Esto permitió proteger la identidad hasta de la misma entrevistadora, quien en momentos perdía el rastro de quién estaba detrás de un pseudónimo.

En la Figura 4.16 se muestran diversas aplicaciones o programados que sirvieron de apoyo durante esta fase de la investigación.

Figura 4.15

*Tecnologías de apoyo en el proceso de la investigación*



***Mantenerse consistentes con las buenas prácticas***

Fue en esta etapa donde las recomendaciones previas de Taylor & Bogdan (2015, p. 114-130) se hicieron más evidentes. Los autores señalaban que el investigador debía:

1. No emitir juicio sobre lo que el participante comenta.

2. Permitir que el participante hable, incluso cuando se extienda en asuntos que no son relevantes al estudio. (El investigador no debe interrumpir el relato de un participante).
3. El investigador siempre debe mostrar atención a lo que el participante está diciendo. (Mediante la comunicación no verbal, el investigador puede mostrar un sincero interés por el relato).
4. El investigador debe ser sensible. Debe ser consciente de que algunos temas abordados pueden estar cargados de emociones negativas para los participantes y reconocer el momento preciso en el que no es adecuado abundar más. Además, debe ser sensible al efecto que tienen sus palabras y gestos sobre los participantes y al lenguaje no verbal de los participantes.

Pero, leerlo y vivirlo son cosas distintas. Había momentos donde el participante, entusiasmado con su propia experiencia, se alejaba de mi norte y regresarlo al hilo de la pregunta inicial se volvía una acrobacia.

La recomendación de Taylor y Bogdan (2015, p.120) sobre el uso de un diario del investigador y la grabación de las entrevistas fue clave. Según ellos, el diario cumple tres propósitos principales:

1. Mantener un bosquejo de los temas trabajados en cada entrevista.
2. Tener un registro de los comentarios del investigador. En éste, el investigador anota las observaciones que realiza de los participantes durante la entrevista. Además, permite registrar cualquier inconveniente o situación no prevista que ocurra durante el proceso.



3. El diario puede ser utilizado para llevar un registro de las conversaciones que se llevan con los participantes fuera de las sesiones de entrevista. Todas las notas registradas en el diario del investigador ayudan a interpretar la información obtenida en las entrevistas y ayudan a orientar futuras entrevistas.

Estas recomendaciones me mantuvieron organizada y enfocada durante las entrevistas. Para esto se utilizaron dos monitores manteniendo en uno a mi entrevistado, y en el otro monitor, la diapositiva que había utilizado para la defensa de mi propuesta (Figura 4.17) con mi protocolo de entrevista, Diario del investigador y la Hoja de cotejo recomendada por Creswell.

Figura 4.16

*Proceso de entrevistas y recopilación de información*

## Proceso de entrevistas y recopilación de información



- Grabación de las entrevistas recomendado por Taylor y Bogdan (1987).
- Protocolo de entrevista recomendado por Creswell y Poth (2018) y Hernández et al. (2010).

20

En la Figura 4.18 se observa en detalle, el “trinomio” que me sirvió de apoyo en las entrevistas. Es importante señalar que por más seguro que uno se sienta, ese “guion” o “libreto”, el diario y la hoja de cotejo fueron los que me mantuvieron aterrizada. Si bien es cierto que uno está en un proceso investigativo, la emoción del reencuentro con quienes fueron nuestros estudiantes podría desenfocarnos y hasta desviarnos en ocasiones del tema, pero con estos documentos, aunque no se sacrificaba el momento de compartir, me permitía recoger vela y regresar al camino.

Figura 4.17

*Protocolo de entrevista, Diario del investigador y Hoja de cotejo para evaluar las entrevistas cualitativas*

Protocolo de entrevista del estudio fenomenológico Experiencia de Docentes en un curso con Enfoque STEM utilizando Simuladores para la enseñanza de Robótica Creswell y Poth (2018) y Hernández et al. (2010)		Diario del investigador y la grabación de las entrevistas Taylor y Bogdan (1987)																													
<table border="1"> <tr> <td>Hora de la entrevista</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fecha</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lugar</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Entrevistador</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Entrevistado</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Posición del entrevistado</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">[Describe brevemente de qué trata la investigación]</td> </tr> <tr> <td colspan="2">                     Preguntas                      1. ¿Cómo surge la oportunidad de tomar la certificación STEM PBL?                      2. ¿Con qué competencias digitales y conocimientos previos en el campo de Robótica, contaba al llegar al curso? ¿Cómo estas competencias y conocimientos previos facilitaron su desempeño?                      3. ¿Pensó alguna vez que sería viable tomar un curso de robótica a distancia sin contar con un equipo de robótica físico? ¿Por qué?                      4. ¿En qué medida los simuladores le permitieron practicar de manera efectiva los conceptos y procesos de robótica sin la necesidad de equipos físicos?                      5. Al finalizar el adiestramiento, ¿Se sentía capaz para transferir el aprendizaje a su sala de clases?                      6. ¿Cómo fue su experiencia en la transferencia al salón de clases utilizando los simuladores para la enseñanza de robótica? ¿En qué curso integró la robótica? ¿Entiende que la experiencia fue exitosa? ¿Experimentó retos o dificultades?                      7. ¿Contó con equipos físicos para transferir la experiencia virtual a la experiencia física?                      8. ¿Qué recomendaciones daría a un colega que desee utilizar simuladores para la enseñanza y el aprendizaje de la robótica?                      9. ¿Qué recomendaciones tiene para mejorar el curso de robótica usando simuladores?                 </td> </tr> <tr> <td colspan="2">                     Finalizar agradeciendo al maestro por su participación en esta entrevista. Asegurarle sobre la confidencialidad de las respuestas obtenidas en esta entrevista y, de ser necesario, en una futura entrevista que se realice. En nuestro caso se le hará llegar copia de la transcripción por si entiende que hay algún error en la misma. Si no se recibe ninguna comunicación en una semana, se tomará por correcta la transcripción.                 </td> </tr> </table>		Hora de la entrevista		Fecha		Lugar		Entrevistador		Entrevistado		Posición del entrevistado		[Describe brevemente de qué trata la investigación]		Preguntas 1. ¿Cómo surge la oportunidad de tomar la certificación STEM PBL? 2. ¿Con qué competencias digitales y conocimientos previos en el campo de Robótica, contaba al llegar al curso? ¿Cómo estas competencias y conocimientos previos facilitaron su desempeño? 3. ¿Pensó alguna vez que sería viable tomar un curso de robótica a distancia sin contar con un equipo de robótica físico? ¿Por qué? 4. ¿En qué medida los simuladores le permitieron practicar de manera efectiva los conceptos y procesos de robótica sin la necesidad de equipos físicos? 5. Al finalizar el adiestramiento, ¿Se sentía capaz para transferir el aprendizaje a su sala de clases? 6. ¿Cómo fue su experiencia en la transferencia al salón de clases utilizando los simuladores para la enseñanza de robótica? ¿En qué curso integró la robótica? ¿Entiende que la experiencia fue exitosa? ¿Experimentó retos o dificultades? 7. ¿Contó con equipos físicos para transferir la experiencia virtual a la experiencia física? 8. ¿Qué recomendaciones daría a un colega que desee utilizar simuladores para la enseñanza y el aprendizaje de la robótica? 9. ¿Qué recomendaciones tiene para mejorar el curso de robótica usando simuladores?		Finalizar agradeciendo al maestro por su participación en esta entrevista. Asegurarle sobre la confidencialidad de las respuestas obtenidas en esta entrevista y, de ser necesario, en una futura entrevista que se realice. En nuestro caso se le hará llegar copia de la transcripción por si entiende que hay algún error en la misma. Si no se recibe ninguna comunicación en una semana, se tomará por correcta la transcripción.		<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Preguntas</th> </tr> <tr> <td>1. Bosquejo de los temas trabajados en cada entrevista</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2. Registro de los comentarios del investigador</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3. Registro de las conversaciones que se llevan con los participantes fuera de las sesiones de entrevista</td> <td></td> </tr> </table>		Preguntas		1. Bosquejo de los temas trabajados en cada entrevista		2. Registro de los comentarios del investigador		3. Registro de las conversaciones que se llevan con los participantes fuera de las sesiones de entrevista			
Hora de la entrevista																															
Fecha																															
Lugar																															
Entrevistador																															
Entrevistado																															
Posición del entrevistado																															
[Describe brevemente de qué trata la investigación]																															
Preguntas 1. ¿Cómo surge la oportunidad de tomar la certificación STEM PBL? 2. ¿Con qué competencias digitales y conocimientos previos en el campo de Robótica, contaba al llegar al curso? ¿Cómo estas competencias y conocimientos previos facilitaron su desempeño? 3. ¿Pensó alguna vez que sería viable tomar un curso de robótica a distancia sin contar con un equipo de robótica físico? ¿Por qué? 4. ¿En qué medida los simuladores le permitieron practicar de manera efectiva los conceptos y procesos de robótica sin la necesidad de equipos físicos? 5. Al finalizar el adiestramiento, ¿Se sentía capaz para transferir el aprendizaje a su sala de clases? 6. ¿Cómo fue su experiencia en la transferencia al salón de clases utilizando los simuladores para la enseñanza de robótica? ¿En qué curso integró la robótica? ¿Entiende que la experiencia fue exitosa? ¿Experimentó retos o dificultades? 7. ¿Contó con equipos físicos para transferir la experiencia virtual a la experiencia física? 8. ¿Qué recomendaciones daría a un colega que desee utilizar simuladores para la enseñanza y el aprendizaje de la robótica? 9. ¿Qué recomendaciones tiene para mejorar el curso de robótica usando simuladores?																															
Finalizar agradeciendo al maestro por su participación en esta entrevista. Asegurarle sobre la confidencialidad de las respuestas obtenidas en esta entrevista y, de ser necesario, en una futura entrevista que se realice. En nuestro caso se le hará llegar copia de la transcripción por si entiende que hay algún error en la misma. Si no se recibe ninguna comunicación en una semana, se tomará por correcta la transcripción.																															
Preguntas																															
1. Bosquejo de los temas trabajados en cada entrevista																															
2. Registro de los comentarios del investigador																															
3. Registro de las conversaciones que se llevan con los participantes fuera de las sesiones de entrevista																															
Hoja de cotejo para evaluar las entrevistas cualitativas (Creswell, 2008)		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Preguntas</th> <th>Si / No</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. ¿El ambiente físico de la entrevista fue el adecuado? (quieto, cómodo, sin molestias).</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2. ¿La entrevista fue interrumpida? ¿con qué frecuencia? ¿afectaron las interrupciones el curso de la entrevista, la profundidad y la cobertura de las preguntas?</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3. ¿El ritmo de la entrevista fue adecuado al entrevistado o la entrevistada?</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4. ¿Funcionó la guía de entrevista? ¿se hicieron todas las preguntas?, ¿se obtuvieron los datos necesarios?, ¿qué puede mejorarse de la guía?</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5. ¿Qué datos no contemplados originalmente emanaron de la entrevista?</td> <td></td> </tr> <tr> <td>6. ¿El entrevistado se mostró honesto y abierto en sus respuestas?</td> <td></td> </tr> <tr> <td>7. ¿El equipo de grabación funcionó adecuadamente?, ¿se grabó toda la entrevista?</td> <td></td> </tr> <tr> <td>8. ¿Evitó influir en las respuestas del entrevistado?, ¿lo logró?, ¿se introdujeron sesgos?</td> <td></td> </tr> <tr> <td>9. ¿Las últimas preguntas fueron contestadas con la misma profundidad de las primeras?</td> <td></td> </tr> <tr> <td>10. ¿Su comportamiento con el entrevistado o la entrevistada fue cortés y amable?</td> <td></td> </tr> <tr> <td>11. ¿El entrevistado se molestó, se enojó o tuvo alguna otra reacción emocional significativa?, ¿cuál?, ¿afectó esto la entrevista?, ¿cómo?</td> <td></td> </tr> <tr> <td>12. ¿Fue un entrevistador activo?</td> <td></td> </tr> <tr> <td>13. ¿Estuvo presente alguien más aparte de usted y el entrevistado?, ¿estó afectó?, ¿de qué manera?</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Preguntas	Si / No	1. ¿El ambiente físico de la entrevista fue el adecuado? (quieto, cómodo, sin molestias).		2. ¿La entrevista fue interrumpida? ¿con qué frecuencia? ¿afectaron las interrupciones el curso de la entrevista, la profundidad y la cobertura de las preguntas?		3. ¿El ritmo de la entrevista fue adecuado al entrevistado o la entrevistada?		4. ¿Funcionó la guía de entrevista? ¿se hicieron todas las preguntas?, ¿se obtuvieron los datos necesarios?, ¿qué puede mejorarse de la guía?		5. ¿Qué datos no contemplados originalmente emanaron de la entrevista?		6. ¿El entrevistado se mostró honesto y abierto en sus respuestas?		7. ¿El equipo de grabación funcionó adecuadamente?, ¿se grabó toda la entrevista?		8. ¿Evitó influir en las respuestas del entrevistado?, ¿lo logró?, ¿se introdujeron sesgos?		9. ¿Las últimas preguntas fueron contestadas con la misma profundidad de las primeras?		10. ¿Su comportamiento con el entrevistado o la entrevistada fue cortés y amable?		11. ¿El entrevistado se molestó, se enojó o tuvo alguna otra reacción emocional significativa?, ¿cuál?, ¿afectó esto la entrevista?, ¿cómo?		12. ¿Fue un entrevistador activo?		13. ¿Estuvo presente alguien más aparte de usted y el entrevistado?, ¿estó afectó?, ¿de qué manera?	
Preguntas	Si / No																														
1. ¿El ambiente físico de la entrevista fue el adecuado? (quieto, cómodo, sin molestias).																															
2. ¿La entrevista fue interrumpida? ¿con qué frecuencia? ¿afectaron las interrupciones el curso de la entrevista, la profundidad y la cobertura de las preguntas?																															
3. ¿El ritmo de la entrevista fue adecuado al entrevistado o la entrevistada?																															
4. ¿Funcionó la guía de entrevista? ¿se hicieron todas las preguntas?, ¿se obtuvieron los datos necesarios?, ¿qué puede mejorarse de la guía?																															
5. ¿Qué datos no contemplados originalmente emanaron de la entrevista?																															
6. ¿El entrevistado se mostró honesto y abierto en sus respuestas?																															
7. ¿El equipo de grabación funcionó adecuadamente?, ¿se grabó toda la entrevista?																															
8. ¿Evitó influir en las respuestas del entrevistado?, ¿lo logró?, ¿se introdujeron sesgos?																															
9. ¿Las últimas preguntas fueron contestadas con la misma profundidad de las primeras?																															
10. ¿Su comportamiento con el entrevistado o la entrevistada fue cortés y amable?																															
11. ¿El entrevistado se molestó, se enojó o tuvo alguna otra reacción emocional significativa?, ¿cuál?, ¿afectó esto la entrevista?, ¿cómo?																															
12. ¿Fue un entrevistador activo?																															
13. ¿Estuvo presente alguien más aparte de usted y el entrevistado?, ¿estó afectó?, ¿de qué manera?																															

Para beneficio del lector, a continuación, volvemos a mencionar las preguntas del protocolo de entrevista.

1. ¿Cómo surge la oportunidad de tomar la Certificación *STEM PBL*?
2. ¿Con qué competencias digitales y conocimientos previos en el campo de Robótica, contaba al llegar al curso? ¿Cómo estas competencias y conocimientos previos facilitaron su desempeño?
3. ¿Pensó alguna vez que sería viable tomar un curso de robótica a distancia sin contar con un equipo de robótica físico? ¿Por qué?
4. ¿En qué medida los simuladores le permitieron practicar de manera efectiva los conceptos y procesos de robótica sin la necesidad de equipos físicos?
5. Al finalizar el adiestramiento, ¿Se sentía capaz para transferir el aprendizaje a su sala de clases?
6. ¿Cómo fue su experiencia en la transferencia al salón de clases utilizando los simuladores para la enseñanza de robótica? ¿En qué curso integró la robótica? ¿Entiende que la experiencia fue exitosa? ¿Experimentó retos o dificultades?
7. ¿Contó con equipos físicos para transferir la experiencia virtual a la experiencia física?
8. ¿Qué recomendaciones daría a un colega que desee utilizar simuladores para la enseñanza y el aprendizaje de la robótica?
9. ¿Qué recomendaciones tiene para mejorar el curso de robótica?

### ***Proceso de la grabación y la transcripción***

Como planificado, se utilizaron las plataformas *Google Meet* para la grabación de las entrevistas y *Tactiq* para hacer las transcripciones de forma simultánea. Para la realización de estas entrevistas semiestructuradas se sugiere el uso de la grabación de audio para facilitar la transcripción posterior; esto con la autorización previa de los participantes (Brinkmann, 2013; Kvale, 2011, según se citó en Duque y Aristizábal Diaz Granados, 2019). El uso de la grabación evita que el investigador se distraiga o pierda el foco debido a la toma de notas y de esta manera, la entrevista fluirá de forma más natural y espontánea, también se evitará que el participante se distraiga o pierda el hilo, sacrificando así contenidos de su experiencia (Duque y Aristizábal Diaz Granados, 2019). Gracias a haber seguido estas recomendaciones, no perdí una de las entrevistas en donde *Tactiq* no funcionó como se esperaba. Por alguna razón, hubo una entrevista que duró alrededor de una hora y veinte minutos. Normalmente, al terminar las entrevistas, en menos de 5 minutos llega un email indicando que la grabación ya está disponible en *Meet Recordings*, repositorio donde se almacenan todas las entrevistas de *Google Meet*. Pasó mucho rato y no me llegaba el mensaje por correo electrónico. Además, la transcripción de *Tactiq*, que normalmente era casi instantánea permanecía indicando que estaba aún en Progreso. Luego de dos horas, entendí que algo andaba mal con la transcripción y había sido una entrevista de hora y media con un contenido de mucha calidad. Pasadas las dos horas, pude verificar que al menos, la grabación estaba disponible y completa. Descargué la grabación y la subí directa a *Tactiq* y esta vez se generó casi instantáneamente, la transcripción. Ahora no contaba con la ventaja de la división del diálogo entre

participantes donde se divide tipo diálogo de guion por quién está hablando y el minuto en que interviene. Así que tuve que hacer esa parte manualmente. Aún a pesar de esto, la experiencia con *Tactiq* fue muy buena. El resto de las entrevistas fluyó sin problema alguno. A ciencia cierta, desconozco si fue algún bajón de luz causado por algún problema con el sistema eléctrico o algún asunto de conexión con mi proveedor de servicio de Internet. Lo comento, pues al ser tecnologías nuevas, definitivamente, haber tenido la grabación de *Google Meet* como una copia de resguardo me salvó esa entrevista.

### ***Transcripción y familiarización con los datos***

Las transcripciones fueron leídas, sometidas a aprobación de los participantes y estudiadas.

### ***Proceso de codificación***

Siguiendo la recomendación de Creswell y Poth (2018) y Hernández et al. (2010), acompañadas de algunas estrategias sugeridas por el Dr. Juan P. Vázquez, profesor de la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras se procedió a analizar la información obtenida de las entrevistas.

**Codificación abierta (Hernández et al., 2010, p. 494).** Se identificaron las unidades de análisis relevantes, que pueden ser palabras, frases o párrafos completos. Para este paso y tomando en cuenta las recomendaciones del Dr. Juan P. Vázquez en un taller sobre el proceso de análisis de una investigación cualitativa, utilicé la aplicación Excel para organizar todas las respuestas de los participantes por pregunta. En columna A

estaban tanto la pregunta #1, como la respuesta de cada participante a esa pregunta. Así, todas las respuestas quedaron inicialmente clasificadas por pregunta.

Además, se asignaron códigos descriptivos a cada unidad de análisis para representar temas o conceptos clave. Aclaramos que, aunque se recomendaba evitar forzar una estructura preconcebida en los datos y permitir que las categorías emerjan de manera inductiva, al tener las preguntas del protocolo, sin duda había unos temas o categorías que servían de base. Por ejemplo, Preparación académica ya se convertía en una categoría base y las materias o clubes con los que el participante trabajaba harían que emergieran posibles subtemas que variaran de participante en participante.

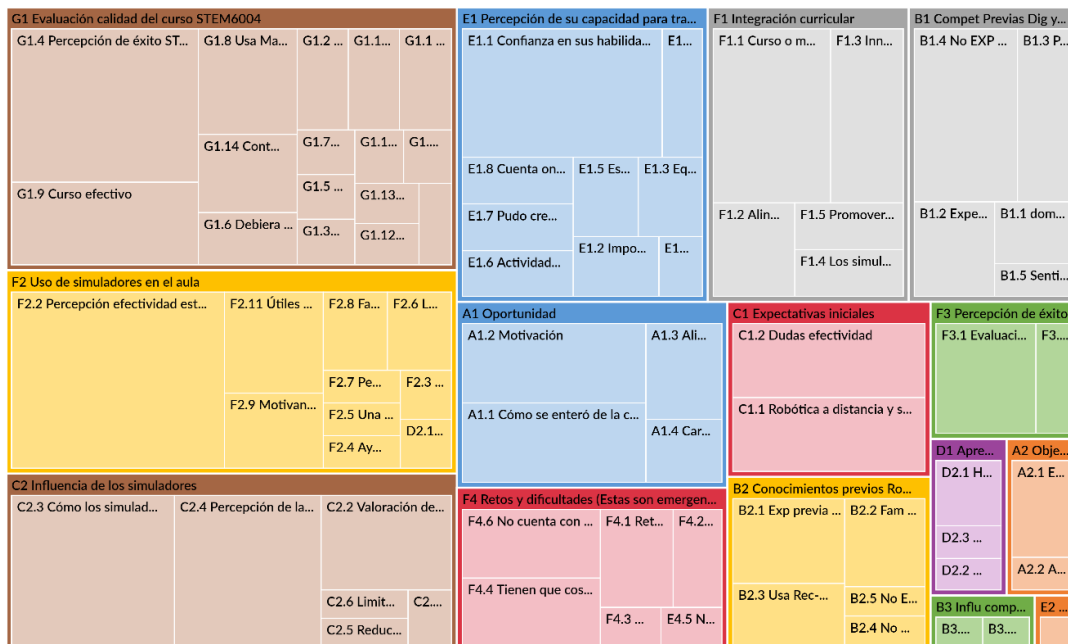
**Codificación axial (Hernández et al., 2010, p. 494).** En este nivel se comenzaron a establecer relaciones y conexiones entre las categorías emergentes y se comenzó a agrupar códigos relacionados para formar categorías más amplias o subcategorías. Es importante aclarar que, aunque en una investigación fenomenológica las categorías surgen de forma emergente de la experiencia de los participantes (Van Manen, 2003), las categorías iniciales con las que se abordó el análisis de información provinieron del protocolo de entrevista previamente diseñado. Ya codificando las entrevistas en *NVivo* es que se comenzaron a notar más, las relaciones y conexiones entre las categorías que iban emergiendo

Las subcategorías que emergieron de las categorías principales fueron con las que se codificó cada frase que los participantes expresaron. La Figura 4.19 muestra el árbol de categorías y subcategorías generado Por *NVivo*. Esta visualización muestra las

categorías por peso. Entre los comentarios o frases codificadas en las entrevistas, la categoría más mencionada fue: G1: Evaluación de Calidad del curso *STEM6004*.

Figura 4.18

*Árbol de categorías y subcategorías de NVivo para codificar entrevistas*



Para ver los detalles de las tres subcategorías de mayor peso, hacemos referencia a la Tabla 4.6 que muestra un segmento del libro de códigos generado por el programado *NVivo*. Enmarcado en rojo podemos apreciar las tres subcategorías que emergieron con mayor peso. Estas son: G1.4: Percepción de éxito *STEM 6004* con 11 comentarios codificados, G1.9: Curso efectivo con 6 comentarios, y G1.8: Usa Materiales del curso en sus clases con 4 comentarios. Para ver el resto del libro de código, vea el Apéndice E.

Tabla 4.6

*Segmento del libro de categorías con las 3 subcategorías más codificadas*

G1 Evaluación calidad del curso <i>STEM</i> 6004	G1 Evaluación calidad curso <i>STEM</i> 6004	6	40
G1.1 Mejoras recomendadas para el curso	G1.1 Mejoras recomendadas para el curso	1	2
G1.10 Instrucciones del curso efectivas	G1.10 Instrucciones del curso efectivas	1	1
G1.11 Motivación proporcionada en el curso	G1.11 Motivación proporcionada en el curso	1	2
G1.12 Calidad de recursos visuales proporcionados	G1.12 Calidad de recursos visuales proporcionados	1	1
G1.13 Recursos, aplicaciones y plataformas utilizadas son efectivas	G1.13 Recursos, aplicaciones y plataformas utilizadas son efectivas	1	1
G1.14 Contenido completo y satisfactorio	G1.14 Contenido completo y satisfactorio	2	3
G1.15 Experiencia enriquecedora	G1.15 Experiencia enriquecedora	1	1
G1.16 Recomendación de combinar con presencialidad	G1.16 Recomendación de combinar con presencialidad	1	1
G1.2 Añadir segunda parte	G1.2 Añadir segunda parte	2	2
G1.3 Cada maestro debiera tener un <i>kit</i> de robótica para ir a lo concreto	G1.3 Cada maestro debiera tener un <i>kit</i> de robótica para ir a lo concreto	1	1
G1.4 Percepción de éxito <i>STEM</i> 6004	G1.4 Percepción de éxito <i>STEM</i> 6004	3	11
G1.5 Apoyo de la profesora (Tutorías, Troubleshooting, Horas de oficina virtuales)	G1.5 Apoyo de la profesora (Tutorías, Troubleshooting, Horas de oficina virtuales)	1	1
G1.6 Debiera extenderse		1	2
G1.7 Siente emoción y gratitud	G1.7 Siente emoción y gratitud	1	1
G1.8 Usa Materiales del curso en sus clases	G1.8 Usa Materiales del curso en sus clases	3	4



G1 Evaluación calidad del curso <i>STEM</i> 6004	G1 Evaluación calidad curso <i>STEM</i> 6004	6	40
G1.9 Curso efectivo	G1.9 Curso efectivo	2	6

*Nota.* Fuente: Libro de Códigos de *NVivo*

**Codificación selectiva (Hernández et al., 2010, p. 496).** En esta etapa se desarrollaron las categorías principales y, los temas centrales de los datos. Además, después de comenzar la narrativa, algunas categorías y subcategorías comenzaron a chocar y hasta confundirse. Esto provocó que algunas se fundieran y otras desaparecieran. Finalmente se reorganizaron y renombraron por lo que, aunque en el libro de códigos el eje G existe, más adelante, en la reorganización, pasa a ser eje F.

### ***Interpretación y narración***

El programado *NVivo* fue muy útil para codificar y organizar las frases por categoría y subcategoría e ir creando un mapa con la gráfica de árbol donde se permite ver, sin sesgos la distribución de comentarios. También se convirtió en la base de la narrativa y la interpretación.

### ***Presentación de resultados***

Nuevamente habría que darle crédito al programado *NVivo* por facilitar el proceso de las frases clasificadas por categoría y subcategoría. Aunque es un proceso manual donde no hay inteligencias artificiales envueltas, el programa organiza las frases, permite crear visualizaciones como la gráfica de árbol que vimos previamente, que apoyaron el análisis posterior. Además, *NVivo* generó un libro de códigos que sirvió para apoyar y corroborar las conclusiones. El mismo se encuentra en el Apéndice E.

### ***Ejes temáticos provenientes de las categorías emergentes***

Las primeras categorías surgieron de las preguntas del protocolo. A continuación, se muestra por eje temático y luego por categorías, la información recopilada durante la Fase 3. La recomendación del uso de categorías responde a Corbin y Strauss, quienes llamarían “Codificación Abierta” a esa etapa inicial donde el investigador etiqueta y categoriza los datos crudos en categorías iniciales basadas en sus propiedades y dimensiones. Luego, las categorías se fueron interrelacionando hasta agruparse en una especie de ejes temáticos que Corbin y Strauss llaman “Codificación Axial”. Así que finalmente se agruparon las subcategorías en siete ejes temáticos que eventualmente pasaron a constituir el Libro de Códigos del programado *NVivo*, aplicación seleccionada para codificar las transcripciones y analizar la información codificada. *NVivo* es un programado que apoya el análisis cualitativo de fuentes audiovisuales y textuales. Organiza y codifica la información, les asigna atributos, los compara e interpreta y presenta los hallazgos de manera visual. Este análisis permitió resaltar los conceptos claves, establecer categorías y las relaciones entre los datos crudos para luego utilizarlos para explicar y describir el fenómeno bajo estudio (Corbin & Strauss, 2014). Se reconoce la colaboración de la Red Graduada quien prestó a la investigadora una computadora con el programa instalado.

**Eje temático A: Motivación para tomar la Certificación STEM PBL.** El eje temático A: Motivación para tomar la Certificación *STEM PBL*, aparece dividido en dos categorías: 1. Oportunidad; y 2. Motivación. Oportunidad se refiere a cómo se enteraron de la certificación y Motivación a qué les motivó a matricularse en la certificación. Las

distribuciones de las respuestas de los participantes se muestran en la Tabla 4.7 y Tabla 4.8.

Tabla 4.7

*Eje temático A: Motivación para tomar la Certificación STEM PBL*

Eje temático	Categoría y Subcategoría
A. Motivación para tomar la Certificación STEM PBL	1. Oportunidad
	A1.1 Cómo se enteró de la certificación
	Correo electrónico del DE o DECEP
	Un compañero lo motivó
	2. Objetivos personales y profesionales
	A2.1 Ampliar conocimientos
A2.2 Aspiraciones Robótica	
A2.3 Alineación Curricular	
A2.4 Carreras STEM	
A2.5 Interés personal	

*Nota.* Proveniente de las entrevistas hechas a los participantes tras transferir la experiencia de aprendizaje al salón de clases.

La Figura 4.20 muestra cómo se enteraron los participantes de la Certificación STEM PBL. Cuatro de los participantes fueron contactados por correo, mientras que dos se enteraron por medio de un compañero o compañera.

Figura 4.19

*Cómo se enteran de la certificación*

Se destacan entre las respuestas las de la participante B1 y el participante B3, a quienes citamos:

B1: Un compañero que era profesor de computadoras de mi escuela me animó. Me dijo: debes tomar esta certificación que salió. Yo le dije: NO, rotundamente no, pues yo no quería estudiar más, porque ya estaba cansada de estudiar y él me dijo: "No. Debes tomarla" y siguió hasta que me insistió muchas veces y cogió mi computadora, delante de mí y me dijo: "Mira, ya estás apuntada". Posiblemente cuando te llamen... y yo... Ay no... y me llamaron. Y yo estoy agradecida, cada vez que lo veo. Él no está ahora mismo en mi escuela; está en el Departamento como tal, pero yo cada vez que lo veo, que llega a la escuela, lo abrazo y le digo: "Muchas gracias, por todo el tiempo, le agradezco". Porque esto me cambió la vida (B1).

B3: Me enteré de la oportunidad de tomar la Certificación *STEM PBL* a través de comunicados enviados por el departamento para el primer grupo, al cual no pude entrar. Posteriormente, vi el anuncio por segunda vez, a través del email institucional y tuve el tiempo para solicitarlo.

En la Tabla 4.8 se desglosa el motivo por el que cada participante decidió tomar la certificación.

Tabla 4.8

*Motivación para tomar la Certificación STEM PBL*

A2 Motivación	Participante					
	A1	A2	A3	B1	B2	B3
A2.1 Ampliar conocimientos	x					
A2.2 Aprender Robótica	x	x				
A2.3 Alineación Curricular	x					
A2.4 Carreras <i>STEM</i>	x		x			
A2.5 Interés personal						x
A2.6 Rel. a área de trabajo					x	

La participante A1 mostró interés, tanto por ampliar sus conocimientos, como por estar mejor preparada para dirigir a sus estudiantes hacia carreras *STEM*. Para contextualizar sus comentarios, es importante conocer algunas variantes del enfoque *STEM* a las que hizo referencia. Los inicios de la metodología *STEM* se le atribuyen al matemático sudafricano Seymour Papert (1980), quien en la década de los ochenta diseñó un juguete con programación incorporada: el *LEGO-Logo*, pero el término lo acuñó en 2001, la *National Science Foundation* (Prendes et al., 2023; Universidad Internacional de La Rioja, 2023). *STEM*, en su forma original, es el movimiento que ha promovido el fortalecimiento y la integración de las asignaturas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas para preparar a niñas, niños, adolescentes y jóvenes para las demandas de los trabajos del S. XXI. El uso de las cuatro siglas de *STEM* es la manera más reconocida del concepto, desde donde diversos grupos plantean propuestas y apropiaciones que se traducen en políticas educativas

(Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, 2022). Otra variante (*STEAM*) incluye a las artes y humanidades en este concepto, integrando el desarrollo de las disciplinas relacionadas con estas áreas para desarrollar el pensamiento creativo e innovador. En los últimos años se ha reconocido otra variación (*STREAM*) que introduce la R para promover la inclusión de la lectura, escritura y expresión oral en relación con el enfoque *STEM* y busca promover el desarrollo del pensamiento creativo y crítico.

En mi experiencia con el área de robótica he tenido la oportunidad de tomar adiestramientos con diversas organizaciones que utilizan la variante *STR3EAM* con el sufijo 3 para la integración de Lectura, Investigación y Robótica (por sus siglas en inglés: *Reading, Research & Robotics*).

A continuación, se comparten algunas respuestas a esta pregunta:

A1: La certificación me pareció una oportunidad para crecer y expandir mis conocimientos en *STEM PBL*, lo cual beneficiaría mi proyecto y mi enseñanza en el aula, integrándolo en el mapa curricular y fortaleciéndolo a la luz de las necesidades y la realidad del siglo XXI y del mundo del empleo que sus estudiantes requieren.

La participante también señaló que tenía un proyecto escolar llamado *STREAM* y buscaba oportunidades para fortalecerlo y enriquecerlo. Además, señaló que buscaba proponer que se le añadiera una “S” al final a *STREAM* (o sea, *STREAMS*) para contemplar los aspectos sociales que están incluidos en *STEAM*, ya que todo proyecto de ingeniería depende del trabajo en equipo y en última instancia el propósito de los proyectos *STEAM* es para servir a la humanidad, a las

personas, a la sociedad. La participante A1 está trayendo ante nuestra consideración una nueva variante a las reconocidas hoy que merece su espacio.

**Eje temático B: Competencias digitales y conocimientos previos.** En la Tabla 4.9 se muestran las subcategorías emergentes del eje temático B: Competencias Digitales, Conocimientos Previos y, en segundo lugar, la preparación académica. Los participantes expresaron respuestas que se clasificaron en 8 categorías mostrando que en el asunto de competencias había distintos niveles de preparación. Por otro lado, aunque en la Fase 1 habían hablado de su materia de especialidad, no habían compartido su preparación académica, lo cual nos pareció adecuado integrar en el eje de competencias.

Tabla 4.9

*Eje temático B: Competencias Digitales y Conocimientos Previos*

Eje temático	Categoría y Subcategoría
B. Competencias Digitales y Conocimientos Previos	1. Competencias digitales
	B1.1 Dominio de herramientas digitales
	B1.2 Experiencia previa con tecnologías del aprendizaje
	B1.3 No tiene experiencia en programación
	B1.4 Sentimientos de frustración por falta de conocimiento
	B1.5 Experiencia previa enseñando robótica
	B1.6 Familiaridad con principios de robótica
	B1.7 Utiliza recursos y materiales de robótica
	B1.8 No tiene experiencia en robótica
<hr/>	
	2. Preparación académica

*Nota.* Proveniente de las entrevistas hechas a los participantes tras transferir la experiencia de aprendizaje al salón de clases.

En la Tabla 4.10 se clasifican los participantes según su dominio en cada subcategoría. Se ha colocado un símbolo de suma (+) si el participante domina esa competencia y un símbolo de (-) si no la tiene. Si hay algo que los une a todos es el interés por aprender más sobre programación. Además, todos los participantes indicaron estar usando los materiales y lecciones que la profesora colocó en Moodle como recursos

para sus clases. En los portafolios de la Fase 2, ya habíamos podido ver recursos virtuales, enlaces y asignaciones provenientes del curso que estaban alojados en Moodle y ahora pasaban a ser los materiales adquiridos en el curso. Si bien es cierto que no adquirieron equipos físicos, si salieron con una mochila llena de recursos virtuales que podrían utilizar con sus estudiantes.

Tabla 4.10

*Dominio de Competencias Digitales y Conocimientos Previos*

B1 Competencias digitales	A1	A2	A3	B1	B2	B3
B1.1 Dominio de herramientas digitales	+	+	+	-	-	-
B1.2 Experiencia previa Tecnologías (TdA)	+	+	+	-	-	-
B1.3 Experiencia en programación	-	-	-	-	-	-
B1.5 Experiencia previa enseñando robótica	+	+	-	-	+	+
B1.6 Familiaridad con principios de robótica	+	+	-	-	+	+
B1.7 Utiliza recursos y materiales de robótica	+	+	-	-	-	+

*Nota.* (+) domina la competencia (-) no domina esa competencia

A continuación, las respuestas brindadas por los participantes. La mayoría de estos maestros cuentan con maestrías y hasta doctorados. Se desenvuelven bien en algunas tecnologías a las que han tenido acceso, pero en general no tenían dominio en destrezas de programación vitales para trabajar con robótica. Es importante destacar que la robótica es básicamente ciencias de cómputos aplicadas a la automatización (definición que llevo dándole a este concepto) y sin programación no hay robótica. Así que, aunque algunos maestros entendían algunos conceptos *STEM*, no bastaba para poder desenvolverse en el curso de robótica. Así que, sin excepción, todos los participantes



podieron mejorar sus destrezas de programación, aunque partieran de diferentes niveles de conocimiento previo.

Se destacan entre las respuestas las de la participante B1 y el participante B3, a quienes citamos:

A1: Tenía las herramientas conceptuales para desenvolverme bien en *STEM* o *STEAM*, ya que esas son las herramientas requeridas en términos de conocimiento general para ampliar y especializarse en *STEM*

A2: Aunque había recibido un curso de *STEM*, no tenía experiencia ni había tomado ningún curso específico sobre robótica

A3: tenía competencias digitales en el uso de aplicaciones y plataformas tecnológicas para la enseñanza; al llegar al curso no contaba con conocimientos previos en el campo de la robótica.

B1: No contaba con competencias digitales ni conocimientos previos en robótica al llegar al curso.

B2: tenía experiencia previa con otros tipos de simuladores, no específicamente de robótica, pero similares. Al haber trabajado como técnico de laboratorio en una universidad, estaba familiarizado con el uso de simuladores como Multisim y LogicPro para circuitos digitales y PLC respectivamente.

B3: Nunca había tomado cursos de computación ni de programación, pero desde joven me interesaron las computadoras, las desarmaba y hacía diversas cosas con ellas, aprendiendo de manera autodidacta.

En cuanto a la preparación académica de los participantes, en la Figura 4.21

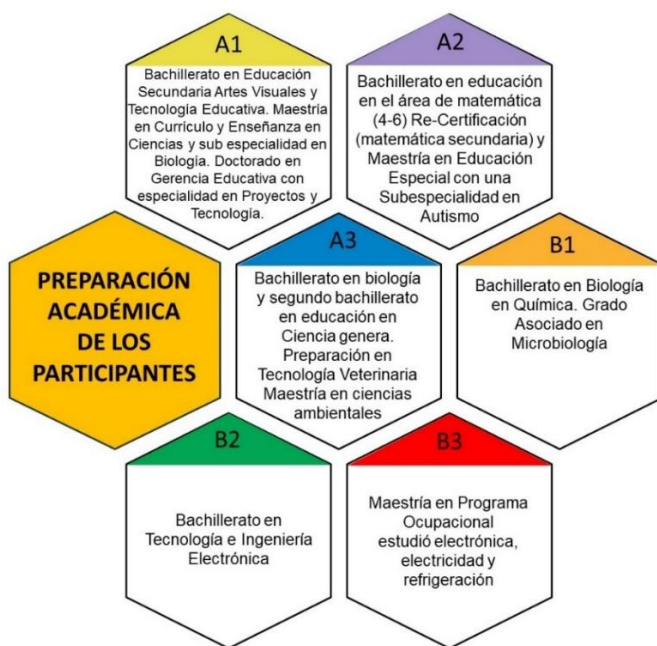
Preparación académica de los participantes, se muestra el grado que ostenta cada uno.

Como se mencionó anteriormente, cuando los profesores se presentaron en el video de la Fase 1, no indicaron la preparación que tenían, por lo que, aunque la pregunta sobre preparación académica no fue contemplada inicialmente, al ver los logros de los maestros, sentía curiosidad por saber quiénes eran estos maestros más en detalle y así explicarme un poco sobre los grandes logros y confianza en sí mismos que estos desarrollaron a través

del curso y después. Profesionales como estos toman una certificación como la que se trabajó en PADE y amplifican cualquier cosa que uno les enseñe. Habrán podido carecer de algunos conocimientos de robótica o programación, pero una vez lograron rellenar esas lagunas, las posibilidades de éxito fueron exponenciales. Al parecer lo que necesitaban eran un empujoncito o como señalé complementar unas cosas que no dominaban y al integrarlas en su campo, el logro fue exponencial. Esto es importante porque, aunque no se haya mencionado antes, a la hora de conseguir participantes para la investigación, no todos los que tomaron la certificación transfirieron la experiencia a sus salones de clase. Me parece que es importante que, al enviar a tomar certificaciones aceleradas como estas, se tome en cuenta el perfil del docente y el compromiso de implementarlo al completar los estudios.

Figura 4.20

*Preparación académica de los participantes*



**Eje temático C: Percepción sobre la viabilidad del curso a distancia.** Cuando se les preguntó a los participantes si pensaron alguna vez que fuera posible tomar un curso de robótica en línea y sin equipos, todos los participantes dijeron que nunca lo hubieran imaginado. Dos de los profesores de escuela vocacional que dan cursos de electricidad y electrónica ya habían tenido la oportunidad de usar el simulador TinkerCAD durante la pandemia, pero indican que de forma básica. Ninguno pensó que se pudiera aprender sin tener un robot físico. Todos indicaron que a pesar de pensar que era imposible, luego de utilizar los simuladores entendieron que si era viable. En la Tabla 4.11 titulada Eje temático C: Percepción sobre la viabilidad del curso en línea, se muestran algunas instancias relacionadas a la percepción de los maestros sobre tomar robótica en línea y sin equipos. La experiencia con el uso de simuladores influyó en diversas formas la percepción de los maestros. Tan pronto vieron cómo se integraban estos en las clases, pudieron ver su utilidad para la comprensión de conceptos y procesos de robótica, cambiando su percepción de la efectividad de un curso en línea sin equipos.

Tabla 4.11

*Eje temático C: Percepción sobre la viabilidad del curso en línea*

Eje temático	Categoría y Subcategoría
C. Percepción sobre la Viabilidad del Curso a Distancia	1. Expectativas iniciales:
	C1.1 Dudas sobre la viabilidad y efectividad de aprender robótica a distancia y sin robots.
	2. Influencia de los simuladores:
	C2.1 Cómo los simuladores cambiaron su percepción sobre la viabilidad del curso a distancia.
	C2.2 Valoración de la experiencia de aprendizaje virtual.
	C2.3 Cómo los simuladores facilitaron la comprensión de conceptos y procesos de robótica.
	C2.4 Percepción de la efectividad de los simuladores para el aprendizaje.
	C2.5 <i>Reduce riesgos de pérdidas de equipos</i>
	C2.6 <i>Limitaciones de los simuladores</i>

*Nota.* Proveniente de las entrevistas hechas a los participantes tras transferir la experiencia de aprendizaje al salón de clases.

Se comparten los comentarios de los participantes sobre esta pregunta:

A1: Nunca pensé que sería posible tomar un curso de robótica a distancia y sin contar con equipos de robótica físicos. Siempre pensé que para aprender robótica se necesitaban materiales físicos.

A2 Jamás pensé que sería viable tomar un curso de robótica a distancia sin contar con un equipo físico de robótica. Después de tomar el curso y utilizar los simuladores, me di cuenta de lo beneficiosos que eran y cómo permitían comprender y aplicar los conceptos de manera inmediata.

A2 mencionó que disfrutó mucho de la experiencia y quedó enamorada de la idea de poder integrar la robótica en su enseñanza de matemáticas.

A3 Al principio no pensé que sería viable tomar un curso de robótica a distancia sin contar con un equipo físico.

B1 Jamás había pensado que sería viable tomar un curso de robótica a distancia sin contar con un equipo de robótica físico. Jamás, jamás.

B2 Me sorprendí al descubrir que no habría un robot físico en el curso de robótica a distancia, pero encontré viable la idea al usar una aplicación virtual para la simulación.

B3 No pensé que sería viable tomar un curso de robótica a distancia sin contar con un equipo de robótica físico. Asumí que se utilizaría algún tipo de equipo, ya que es lo que uno esperaría para este tipo de cursos. Sin embargo, claramente no es necesario y que se puede comenzar de forma virtual.

**Eje temático D: Autoconfianza para la transferencia.** En la Tabla 4.12 se muestran las categorías emergentes de las respuestas de los participantes sobre la autoconfianza al transferir la experiencia de aprendizaje dentro del Eje temático D: Autoconfianza para la transferencia. Este eje se dividió en dos categorías: D1: Percepción de su capacidad para transferir el aprendizaje y E2: Colaboración entre pares. Estas categorías responden a que, aunque a la hora de transferir el aprendizaje al salón de clases los maestros estarían enfrentando el reto de forma individual, la experiencia de aprendizaje en la Fase 2: Durante el curso, se dio en equipos. Algunos de los participantes de esta investigación fueron líderes en sus equipos por su experiencia previa, mientras que otros recibieron la ayuda de sus pares para realizar los proyectos del curso.

Me tomo el privilegio de comenzar con la discusión de las subcategorías de este eje al revés y compartirles un poco sobre la categoría E2: Colaboración entre pares. Los participantes B2 y B3 tenían amplio conocimiento en electrónica y eran líderes en sus respectivos equipos. El desprendimiento de ambos cruzaba más allá del equipo que les tocaba, ya que estaban dispuestos a orientar y ayudar a otros equipos. Las participantes A1 y A3 también fueron claves en sus equipos y elaboraron proyectos sobresalientes en la Feria *STEM PBL* que se celebró al final de la Certificación *STEM PBL*. No todos

tuvieron la oportunidad de participar en la Feria por diversas razones. En el caso de la cohorte B, cuando se acercaba la fecha de su presentación, hubo un repunte de COVID y tuvieron que presentar sus proyectos a través de grabaciones en línea. Como investigadora entiendo que la auto confianza adquirida fue producto en gran medida del impacto del trabajo en equipo que experimentaron; unos a la distancia y otros buscando la forma de encontrarse presencialmente.

Tabla 4.12

*Eje temático D: Autoconfianza para la transferencia*

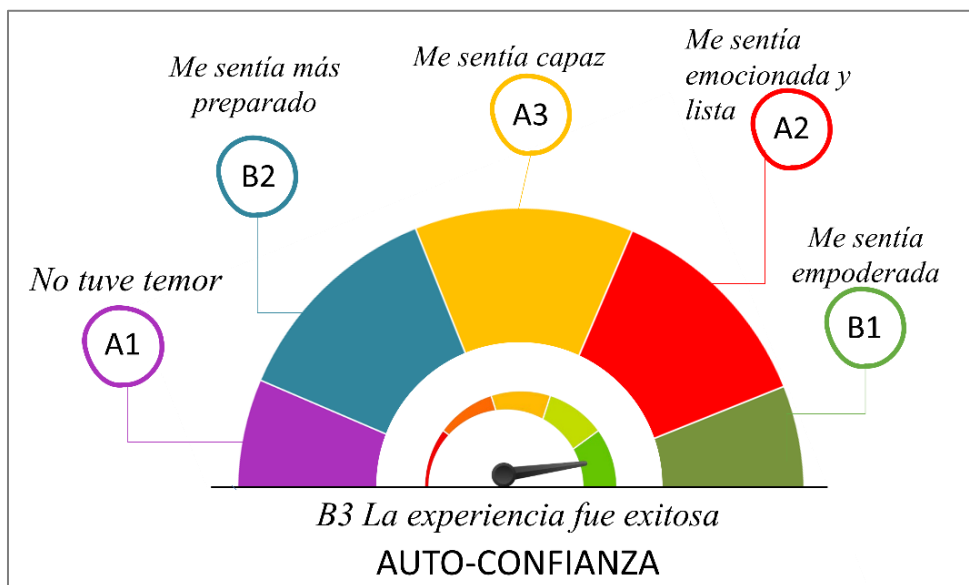
Eje temático	Categoría y Subcategoría
D. Autoconfianza para la Transferencia	1. Percepción de su capacidad para transferir el aprendizaje
	D1.1 Confianza en sus habilidades para integrar la robótica en su práctica docente
	D1.2 Importancia de Arriesgarse
	D1.3 Equivocarse es parte del aprendizaje
	D1.4 No tuvo temor
	D.5 Es importante no tener miedo
	D1.6 Actividades o proyectos con estudiantes
	D1.7 Pudo crear materiales a raíz de la experiencia
	D1.8 Cuenta con equipos físicos
	D1.9 Se sentía preparado para transferir el conocimiento
2. Colaboración entre pares	
D2.1 Apoyo recibido por compañeros durante el curso.	

*Nota.* Proveniente de las entrevistas hechas a los participantes tras transferir la experiencia de aprendizaje al salón de clases.

En la Figura 4.22 se representan los niveles de auto confianza expresados por los participantes al transferir su experiencia de aprendizaje al salón de clases. La participante A1 hizo énfasis en la importancia de no tener temor y en ser arriesgados. Por su parte, los participantes B2 y A3 se sintieron listos y capaces. A2 se sentía emocionada y lista, mientras que B1 expresó sentirse empoderada. Todos sintieron que la experiencia de transferencia del aprendizaje fue exitosa (B3).

Figura 4.21

*Niveles de auto confianza de los participantes al transferir la experiencia*



Una de las ventajas de haber entrevistado a los participantes fue poder enterarme de los proyectos y experiencias que entienden haber logrado gracias a los conocimientos adquiridos en la certificación. La participante A1 hizo énfasis en que los educadores deben saber que no pueden tener miedo a las cosas nuevas y que deben ser arriesgados, buscando siempre más allá de lo básico para estimular a los estudiantes a ser creadores y constructores de nuevas cosas. La participante A3 desarrolló un manual de laboratorio que sirve hoy a sus estudiantes para realizar los proyectos *STEM*. El participante B3 compartió que, a raíz del curso, desarrolló nuevas destrezas digitales como la de crear contenidos digitales que ahora le permitían organizarse mejor. El participante B2 compartió que él y otra compañera con la que se certificaron pudieron competir y ganar en competencias de robótica transmitidas en un canal de televisión local. Eso les dio mucha confianza y hoy en día continúan involucrados en diversos proyectos con sus

estudiantes. Además, la participante B1 ha celebrado ferias científicas donde integra los elementos *STEM* en todas sus áreas. Recientemente fui testigo del nivel avanzado con el que sus estudiantes defendieron sus propuestas y construyeron sus prototipos.

Enhorabuena, de alguna forma pienso que sus estudiantes son mis nietos conceptuales de robótica.

A continuación, las respuestas de los participantes a esta pregunta:

A1 No tuve temor y llevé a cabo la transferencia del aprendizaje con mis estudiantes. Es cuestión de seguir mejorando y practicando de manera diversa según la realidad y capacidades de los distintos grupos de estudiantes que uno recibe.

A2 Al finalizar el adiestramiento me sentía emocionada y lista para transferir la experiencia a la sala de clases. Aprendí mucho durante el curso y me sentí preparada para aplicar lo aprendido con mis estudiantes.

A3 Me sentía capaz de transferir la experiencia de aprendizaje a la sala de clases.

B1 Me sentía empoderada y rápidamente transferí el aprendizaje a la sala de clases, utilizando los visuales proporcionados en el adiestramiento para enseñar a mis estudiantes.

B2 Me sentía más preparado para transferir el conocimiento a mis estudiantes.

B3 La experiencia fue exitosa, el contexto sugiere que sí lo fue, ya que los estudiantes se involucraron activamente y me sentí motivado por su progreso.

***Eje temático E: Experiencia de transferencia a la práctica docente.*** E1:

Integración curricular. En la Tabla 4.13 se presentan las subcategorías emergentes relacionadas a la Integración curricular. A diferencia de la sección anterior en donde se buscaban sentimientos relacionados a la auto confianza de los participantes, en esta sección miramos la experiencia de la transferencia en términos de la integración curricular. Es importante destacar que no se trataba de maestros de robótica que estaban



adquiriendo conocimientos para dar robótica, sino de maestros de una variedad de especialidades que tras tomar la certificación *STEM PBL* y el curso de robótica con enfoque *STEM*, tendrían que hacer malabares para encontrar el espacio más adecuado y hacer una innovación curricular.

Tabla 4.13

*Eje temático E: 1. Integración curricular en la experiencia de transferencia*

Eje temático	Categoría y Subcategoría
E. Experiencia de Transferencia a la Práctica Docente	1. Integración curricular. E1.1 Curso o materia en la que integró la robótica E1.2 Alineación de la robótica con los objetivos curriculares y estándares de aprendizaje E1.3 Innovación curricular E1.4 Los simuladores se deben promover en la preparación del maestro E1.5 Promover integración de la robótica y <i>STEM</i> en la educación

*Nota.* Proveniente de las entrevistas hechas a los participantes tras transferir la experiencia de aprendizaje al salón de clases.

En la Figura 4.23 se muestra el curso donde los participantes hicieron la innovación curricular. Obsérvese que los participantes A1, A3 y B1 hicieron la integración en sus currículos de ciencias, la participante A2 en Matemáticas y los participantes B2 y B3 en sus cursos de Tecnología, Electricidad y Pre-Ingeniería.

Figura 4.22

*Integración curricular de los conceptos STEM*

Aquí se comparten algunas citas de los participantes:

A1 La robótica fue integrada en mis clases de ciencia.

A2 Quedé enamorada de la idea de poder integrar la robótica en la enseñanza de matemáticas.

A3 Integré la robótica en mi curso de ciencias ambientales en grado 12 y noveno grado.

B1 Integré la enseñanza de robótica en el curso de **ciencia** y física para el octavo grado de preparatoria.

B2 La parte de Arduino yo la incluyo en el curso de electrónica digital, ya terminando la última unidad que yo les doy en electrónica digital, le doy principios utilizando los Arduinos.

B3 Integré la robótica en el curso de electricidad con PLC y energía renovable.

E2: Uso de simuladores. En la Tabla 4.14 se comparten los beneficios y

otras consideraciones sobre el uso de simuladores en el salón de clases que los

participantes mencionaron en la entrevista. Todos encontraron útiles los simuladores para la enseñanza de conceptos *STEM*. Indicaron que los estudiantes usaban las aplicaciones y que era evidente que los motivaba el uso de las tecnologías. Además, mencionaron la facilidad de uso.

Tabla 4.14

*Eje temático E: 2. Uso de simuladores en la experiencia de transferencia*

Eje temático	Categoría y Subcategoría
E. Experiencia de Transferencia a la Práctica Docente	2. Uso de simuladores en el aula: E2.1 Útiles para evitar pérdidas con equipos físicos E2.2 Percepción efectividad estudiantes E2.3 Facilidad de uso E2.4 Ayudan a los estudiantes a agilizar su pensamiento E2.5 Una forma virtual de ver la realidad E2.6 Los simuladores ayudan estudiantes con problemas de motor fino E2.7 Permiten exploración E2.8 Facilitan enseñanza y el aprendizaje E2.9 Motivan a los estudiantes E2.10 Complementar con lo físico

*Nota.* Proveniente de las entrevistas en profundidad.

La maestra B1 comentó que los simuladores le permitían explorar y practicar los ejercicios. Esto es muy importante porque antes de pararnos frente a los estudiantes es conveniente repasar que las simulaciones funcionan como se espera para no pasar malos ratos frente a la clase. También es importante seleccionar el simulador adecuado al nivel y objetivo del curso. Las participantes A1 y A3 han tenido mucho éxito con el simulador de *VEXcode VR* y la actividad de Limpieza de Arrecifes de Coral porque los temas de sus cursos están más alineados con el medioambiente. En el caso de los maestros de una escuela vocacional de nivel superior, le sacan más partido al integrar *TinkerCAD* o *Gear Generator*, pues estos simuladores están dirigidos a complementar actividades de

electricidad, circuitos, mecanismos, velocidad o torque. También una clase de Física como la de la participante B1 que, aunque atiende octavo grado, desarrollan proyectos bastante avanzados, *TinkerCAD* va a complementar su curso mejor que *VEXcode VR*.

Se comparten algunas opiniones de los participantes sobre el uso de los simuladores:

A1 Recomiendo a los colegas que deseen utilizar simuladores para la enseñanza y el aprendizaje de la robótica que sean innovadores y tengan un objetivo claro como docentes.

A2 Los simuladores fueron muy beneficiosos y llamativos para los estudiantes, ya que están más expuestos a lo digital y se sienten atraídos por este tipo de herramientas. Recomiendo al 100% el uso de simuladores en la enseñanza, ya que considero que son una forma pertinente de estar a la vanguardia y transmitir enseñanza de manera efectiva

A3 Recomiendo que los maestros estén preparados en esa área de cómo transferir la educación a través de simuladores, ya que es una de las herramientas más efectivas que existe. Es importante promover la preparación de los maestros en el uso de simuladores, ya que son muy efectivos para la educación.

A3 Los simuladores ayudan a los estudiantes a agilizar su pensamiento para planificar cuál es el siguiente paso para poder llegar a este objetivo.

Los simuladores son como llevar a la realidad aquello que a veces no puede ser muy manejable en la vida real, llevarlo a la sala de clases más compendiado, más resumido.

El participante B3 comentó la importancia del uso de los simuladores para cuidar los pocos equipos físicos que han adquirido con mucho esfuerzo.

B3 los simuladores permiten a los estudiantes entusiasmarse y aprender sin el riesgo de dañar equipos costosos. ellos aceptan el uso de la tecnología muy bien, a ellos les gusta más eso que estar en una pizarra o estar escuchando a alguien dar un discurso o una conferencia.

También indicó que al estar ellos trabajando algo en computadora los entusiasma más. Señala que los estudiantes recibieron bien el uso de la tecnología y se mostraron más entusiasmados con el aprendizaje interactivo en computadora que con métodos más tradicionales como la pizarra o las conferencias.

La participante B1 comentó que pudo notar un alto índice de estudiantes con problemas de motor fino que cuando llevaban a cabo lo ejercicio con los equipos físicos, se frustraban y se ponen ansiosos cuando no lograban conectar bien un cable o una resistencia. También mencionó que el uso de simuladores le facilitó el proceso de diseño ya que los estudiantes con el simulador manejan mejor los cables, sensores y demás componentes de un circuito sin temor de que se les cayeran. Indicó que fueron beneficiosos para la enseñanza y el aprendizaje de la robótica, ya que a través de esta tecnología se pudieron enseñar diversas materias, motivar a los estudiantes y ayudarlos a desarrollar su motricidad fina. al usar simuladores como *TinkerCAD* para los circuitos, se facilitó la enseñanza y el aprendizaje de robótica.

Por otro lado, el participante B2 comentó otra de las razones por las que a los estudiantes les gustaba tanto trabajar con los simuladores:

B2 A los estudiantes les gusta utilizarlos, ¿por qué?, porque entonces como ya ellos ven más o menos lo que van a ver físicamente, ellos enseguida simulan, le buscan el sentido, por decirlo así, para cuando lo vayan a montar y a veces hasta entre ellos mismos se hacen competencia. “Este no cabe”, “Esto va o no”, “Ya me salió aquí”, “Vamos a ver cómo me va”. “A mí me va a salir primero acá cuando lo montemos físicamente” y me ha gustado esa integración por eso mismo, porque entonces ellos como que se motivan entre ellos mismos a hacer competencia para ver a cuál le sale mejor.

Por último, el participante B2 hizo un señalamiento que no podemos pasar por alto sobre no limitar la experiencia solamente a lo virtual.

B2 Se debe inculcar a los estudiantes que no se limiten solo a la simulación, sino que interactúen tanto con la simulación como con la práctica física. Expresó que algunos estudiantes prefieren la simulación porque es más fácil y segura, ya que no hay riesgo de quemar o dañar componentes, mientras que otros quieren ir directamente a lo físico sin practicar primero en simuladores.

Destacó la importancia de que los estudiantes vean ambas partes, ya que lo virtual sirve de guía para lo físico.

E3: Percepción de éxito. En la Tabla 4.15 se presentan las categorías que surgieron bajo el eje temático: E: 3. Percepción de éxito en la experiencia de transferencia. Entre ellas: 1) Integración curricular; 2) Uso de simuladores en el aula; 3) Percepción de éxito; y 4) Retos y dificultades.

Tabla 4.15

*Eje temático E: 3. Percepción de éxito en la experiencia de transferencia*

Eje temático	Categoría y Subcategoría
E. Experiencia de Transferencia a la Práctica Docente	3. Percepción de éxito E3.1 Evaluación personal sobre la transferencia de la experiencia a la práctica docente. E3.2 Evidencias de aprendizaje y participación de los estudiantes.

*Nota.* Proveniente de las entrevistas hechas a los participantes tras transferir la experiencia de aprendizaje al salón de clases.

A continuación, algunas frases que evidencian el éxito en sus aulas:

*A1. La experiencia fue exitosa.*

*A2. Los estudiantes se mostraron impactados y emocionados al poder aplicar los conceptos aprendidos.*

*A3. Estaba emocionada por haber aplicado los conceptos aprendidos a través de un manual de investigación que realicé durante el proceso de la certificación. La*

*experiencia en la transferencia al salón de clases utilizando los simuladores para la enseñanza de robótica fue exitosa. Los estudiantes estaban motivados y participaban activamente en las actividades relacionadas con la robótica y la ciencia ambiental.*

*B1. Considero que la experiencia fue exitosa.*

*B3. La experiencia al transferir al salón de clases el uso de simuladores para la enseñanza de robótica fue positiva.*

E4: Retos y dificultades. En la Tabla 4.16 se muestran las subcategorías sobre retos y dificultades que experimentaron los participantes en la transferencia a la práctica docente. Los participantes mencionaron la falta de equipos. Otros mencionaron que no cuentan con el apoyo de los padres, la comunidad escolar ni el Departamento de Educación para obtener fondos. La mayoría de los participantes ha tenido que adquirir sus equipos de robótica por cuenta propia. Aún, logrando conseguir un equipo, ¿Qué se hace cuando tienes veinte estudiantes y un solo equipo para hacer los ejercicios de práctica? Si bien es cierto que todos los participantes agradecían contar con los simuladores, después de la experiencia virtual, ¿cómo van a hacer para tener una experiencia concreta? Los maestros necesitan más apoyo.

Tabla 4.16

*Eje temático E: 4. Retos y dificultades en la experiencia de transferencia*

Eje temático	Categoría y Subcategoría
F. Experiencia de Transferencia a la Práctica Docente	4. Retos y dificultades E4.1 Retos Departamento de Educación E4.2 Retos Infraestructura de la escuela E4.3 Retos Comunidad Escolar (Administración, Padres) E4.4 Tienen que costear sus equipos

*Nota.* Proveniente de las entrevistas hechas a los participantes tras transferir la experiencia de aprendizaje al salón de clases.

A continuación, algunos comentarios hechos por los participantes sobre sus situaciones particulares.

*A1. Personalmente adquirí los materiales y herramientas necesarios para transferir la experiencia virtual a la física. Utilicé mi propio dinero para comprar herramientas y aproveché donativos de mi esposo y otros recursos disponibles para enriquecer la experiencia de mis estudiantes en la sala de clase.*

*A2. Tuve que comprar un equipo físico para poder demostrar a sus estudiantes lo que habían trabajado de manera virtual.*

*A3. Adquirí uno para practicar durante la certificación, pero en la escuela no cuento con equipos.*

*B3. No contaba con muchos equipos físicos, ya que todo lo que tenía era de su propiedad personal, comprado con su propio dinero. Mencionó que todo lo que tenía cabía en un cajón de herramientas.*

**Eje temático F: Recomendaciones y comentarios sobre el curso.** La Tabla 4.17

presenta las subcategorías que emergieron bajo el eje temático F: Recomendaciones y comentarios sobre el curso. Para la discusión del tema, se dividirá la discusión en dos partes. Primero, la evaluación de la calidad del curso desde la perspectiva curricular y segundo, las recomendaciones para mejorar el mismo.

Evaluación de la calidad del curso desde la perspectiva curricular. Los participantes entendieron que el curso fue exitoso y efectivo por el uso de materiales provistos en clase, los recursos, aplicaciones y plataformas utilizadas y la calidad de los recursos visuales con los que contaron. También hicieron comentarios de que el curso proveyó instrucciones claras y efectivas por lo que lo consideran un curso completo y efectivo.

En cuanto a la parte emocional, indican haberse sentido acompañados y motivados por la profesora quien se conectaba en línea para ayudarles fuera de los



horarios de clases para contestar sus dudas. El sentimiento general es de emoción y gratitud por un curso que les impactó positivamente y al que califican como una experiencia enriquecedora.

Recomendaciones para mejorar el curso. En cuanto a las recomendaciones, mencionaron la importancia de contar con equipos de robótica para una futura ocasión. Cada maestro debiera tener un *kit* de robótica para ir a lo concreto. También sugieren que el curso tenga una duración más extensa para seguir practicando o tal vez una segunda parte para dar continuidad a lo aprendido. De hacerse, recomiendan que lo hagan por niveles, para que los que tengan mayor conocimiento puedan aprovechar mejor el contenido. Los más avanzado podrían profundizar más en ciertos temas. De igual forma, los que estén en un nivel más básico, podrían afianzar los conceptos pudiendo practicar con menos aceleración.

Tabla 4.17

*Eje temático F: Recomendaciones y comentarios sobre el curso*

Eje temático	Categoría y Subcategoría
F. Recomendaciones y comentarios sobre el curso	1. Evaluación calidad del curso <i>STEM</i> 6004 F1.1 Mejoras recomendadas para el curso F1.2 Añadir segunda parte F1.3 Cada maestro debiera tener un <i>kit</i> de robótica para ir a lo concreto F1.4 Percepción de éxito <i>STEM</i> 6004 F1.5 Apoyo de la profesora (Tutorías, <i>Troubleshooting</i> , Horas de oficina virtuales) F1.6 Debiera extenderse F1.7 Siente emoción y gratitud F1.8 Usa Materiales del curso en sus clases F1.9 Curso efectivo F1.10 Instrucciones del curso efectivas F1.11 Motivación proporcionada en el curso F1.12 Calidad de recursos visuales proporcionados F1.13 Recursos, aplicaciones y plataformas utilizadas son efectivas F1.14 Contenido completo y satisfactorio F1.15 Experiencia enriquecedora F1.16 Recomendación de combinar con presencialidad

*Nota.* Proveniente de las entrevistas hechas a los participantes tras transferir la experiencia de aprendizaje al salón de clases.

A continuación, se comparten expresiones de los participantes sobre el curso

*STEM* 6004:

A2: Disfruté mucho de la experiencia. Aprendí mucho durante el curso y me sentí preparada para aplicar lo aprendido con mis estudiantes. Considera que la experiencia fue exitosa. La experiencia con los simuladores fue impactante y lo recuerdo como si fuera reciente. Entiendo que el contenido del curso está completo y satisfactorio.

A2: El curso de robótica usando simuladores debiera extenderse en tiempo para poder adquirir más conocimientos y practicar de manera más efectiva, pero considero que el contenido del curso está completo.

La participante A2, indicó además que usa las lecciones y materiales del curso en el salón de clases y que siente emoción y gratitud por la experiencia en el curso.

*A2: El curso de robótica usando simuladores debía extenderse en tiempo para poder adquirir más conocimientos y practicar de manera más*

*efectiva. Sugiero que se brinde más tiempo para trabajar y practicar los conceptos enseñados*

*A3: Aunque inicialmente tenía dudas, la experiencia me demostró que se puede aprender y transferir el conocimiento de la robótica sin necesidad de contar con un equipo físico.*

*B1: Estas clases me hicieron explorar todo, encontrarme con todos estos problemas y a indagar, estar horas y horas trabajando con esto. Ahora se me hace más fácil. Considera a la profesora mi mentora.*

*B1: Me sentí empoderada y rápidamente transferí el aprendizaje a la sala de clases, utilizando los visuales proporcionados en el adiestramiento para enseñar a sus estudiantes. Utilizo los materiales visuales proporcionados en el curso para enseñar a mis estudiantes.*

*A3: Encuentro el curso muy efectivo; la enseñanza, el aprendizaje y la motivación estuvieron presentes en todo momento.*

*A3: la forma en que se utilizaron los recursos virtuales, aplicaciones y plataformas fue muy efectiva para llevar la robótica a la sala de clases.*

*B2: La experiencia fue enriquecedora. Pude aplicar lo aprendido en el curso de certificación en situaciones reales con los estudiantes.*

Al participante B2 le hubiera gustado que el curso no hubiera sido completamente en línea y que hubiera tenido una interacción presencial, especialmente para la feria al final del curso, la cual no pudieron tener de manera presencial debido al repunte de casos de COVID-19.

### **Resumen de la Fase 3**

En la Fase 3: Después del curso, pudimos abordar cómo fue el proceso de análisis de las respuestas de los participantes durante la entrevista en profundidad. De la transcripción y la lectura minuciosa, surgieron ejes temáticos que sirvieron para estructurar el análisis. Estos son: Eje temático A: Motivación para tomar la Certificación *STEM PBL*; Eje temático B: Competencias Digitales y Conocimientos Previos; Eje

temático C: Percepción sobre la Viabilidad del Curso a Distancia; Eje temático D: Autoconfianza para la Transferencia; Eje temático E: Experiencia de Transferencia a la Práctica Docente y, por último, Eje temático F: Recomendaciones y comentarios sobre el curso. Estos ejes fueron la base para la creación de categorías y subcategorías con las que se codificó cada caso (entrevista) en el programado *NVivo*. Luego de obtener un libro de códigos generado por *NVivo*, nos dimos a la tarea de redactar los hallazgos de la Fase 3 a la luz de cada subtema. Además, pudimos compartir citas de los participantes que enriquecieron nuestra investigación y nos ayudaron a conocer diversos aspectos de su experiencia después de completar la Certificación *STEM PBL*.

Encontramos que la motivación iba desde aumentar los conocimientos, mejorar su currículo, aprender robótica y mejorar destrezas de programación hasta estar mejor preparados para enseñar a los estudiantes carreras *STEM* que los prepararan para el futuro. En cuanto a su percepción de la viabilidad de si era posible o no un curso de robótica en línea y sin robot, ninguno lo creyó posible, pero tan pronto se integraron los simuladores, entendieron que sí se podía hacer de forma divertida y eficiente. En cuanto a la Autoconfianza para la transferencia, los participantes se sintieron empoderados, confiados y hasta emocionados pensando en cómo sería su experiencia. Los materiales compartidos en el curso sirvieron de materia prima para los cursos que impactaron en el año escolar 2022-2023. En el aula, confirmaron las ventajas del uso de simuladores y pudieron descubrir que los estudiantes aceptaban estas tecnologías favorablemente. Recomendaron 100% el uso de simuladores para la enseñanza de conceptos de robótica y describieron el curso *STEM 6004* como uno efectivo, motivador y muy completo.

Los participantes reconocieron además la importancia del apoyo del trabajo en equipo y el aprendizaje en red ya que siempre había compañeros dispuestos a dar la milla extra y ayudar a los que tenían menos conocimientos. Si bien es cierto que la mayoría de los participantes entrevistados para esta investigación fueron líderes en sus equipos de trabajo, dos de las participantes indicaron beneficiarse de la ayuda de otros compañeros que servían como tutores formando una comunidad virtual de apoyo. Esta ayuda les ayudó a aumentar su autoconfianza superando las dificultades iniciales.

#### **Resumen del Capítulo IV**

Haber abordado esta investigación con un lente fenomenológico ayudó a ver más de cerca lo que experimentaron y sintieron los participantes en cada fase: Fase 1: Antes del curso; Fase 2: Durante el curso; y Fase 3: Después del curso, al transferir la experiencia de aprendizaje al salón de clases. Permitted conocer desde los sentimientos de frustración en momentos dados, hasta sentirse confiados, capaces y empoderados. Como diría Dewey (1938, según citado en Díaz Barriga, 2003), “El aprendizaje experiencial es activo y genera cambios en la persona y en su entorno, no sólo va al interior del cuerpo y alma del que aprende, sino que utiliza y transforma los ambientes físicos y sociales para extraer lo que contribuya a experiencias valiosas y establecer un fuerte vínculo entre el aula y la comunidad.

Queda por abordar, ya en el Capítulo V, lo que define una experiencia exitosa y los elementos que inciden en el mismo.

Por el momento y dado que esta experiencia estuvo enmarcada dentro de la experiencia de tomar un curso en línea sin equipos físicos de apoyo, nos parece adecuado

cerrar el Capítulo IV con una última frase de la participante B1 que encierra la esencia de lo que se quiso examinar.

B1: Si un día hacen una escuela virtual, yo quiero ser parte de esa escuela virtual. Desde que me dieron estas clases yo creo en la educación virtual.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES

#### Introducción

En el capítulo V se exponen las conclusiones de la investigación Experiencia de docentes en un curso con enfoque *STEM* usando simuladores para la enseñanza de Robótica, abordada con una metodología cualitativa con diseño fenomenológico. En este capítulo, pretendemos conectar la narrativa emergente plasmada en el capítulo IV para responder las preguntas y objetivos iniciales de esta investigación y establecer qué elementos fueron fundamentales en la efectividad de la transferencia del aprendizaje de los maestros al aula. También, rescatamos los enfoques principales discutidos en el Capítulo II Revisión de Literatura, y los conectamos con los hallazgos de esta investigación. Además, miramos más de cerca los aspectos curriculares del curso *STEM* 6004 a la luz de las teorías sobre la construcción efectiva de ambientes virtuales de aprendizaje. Para este último análisis que emerge de las opiniones de los participantes de esta investigación también lo abordaremos desde el lente fenomenológico. Se espera que, al terminar de leer este capítulo, otros maestros que contemplen enseñar robótica *STEM* sean inspirados a intentarlo, sirviéndose de las herramientas virtuales y estrategias que a través de esta investigación hemos compartido.

Para los que leen el Capítulo V de forma aislada, comencemos resumiendo de qué trató esta investigación. Unos maestros del Departamento de Educación (en adelante DE) tomaron un curso de Robótica que formaba parte de una Certificación *STEM PBL* de un

programa de profesionalización acelerada. El curso fue totalmente en línea y no contó con equipos físicos (kits de robótica) para los participantes. La profesora del curso, que es la investigadora, tuvo que modificar el currículo convirtiéndolo en un curso de robótica virtual, usando simuladores para enseñar diversos conceptos de robótica que variaron de unidad en unidad. El curso duró cinco semanas y se reunía de forma sincrónica durante tres horas, los sábados. El resto de los contenidos estaban en la plataforma Moodle, que servía de Sistema de Gestión de Contenidos. Tanto para la maestra como para los participantes, la experiencia pasó a ser una “*novel*”, ya que, en la Universidad de Puerto Rico, no había precedente de un curso de robótica virtual.

De los hallazgos del Capítulo IV, se descubrió que el curso fue efectivo y los simuladores permitieron que la experiencia de transferencia de conocimientos al aula fuera exitosa, lo que fortaleció el sentimiento de auto confianza que ya habían expresado. Los recursos compartidos y/o creados por la profesora fueron efectivos en la transferencia de aprendizaje en sus escuelas. Por otra parte, los participantes expresaron haber tenido el apoyo de los compañeros a la hora de dudas o ayudar a otros fomentando una comunidad virtual de aprendizaje enriquecida.

#### **Análisis de las preguntas de investigación a la luz de los hallazgos**

Comenzaremos contestando las preguntas de investigación a la luz de los hallazgos y completar el propósito inicial de esta, pero pretendemos además explorar los aspectos curriculares y sociales del curso *STEM 6004* a través de lo que exponen los teóricos expertos en la creación de ambientes virtuales de aprendizaje. De esta manera



podremos confirmar en qué medida, estos aspectos son responsables del éxito en la transferencia del aprendizaje percibido por los participantes.

Para beneficio del lector que comienza a leer este capítulo de forma independiente, a continuación, compartimos las seis preguntas que sirvieron de base para la investigación.

La pregunta general es ¿Cómo fue la experiencia de un grupo de docentes utilizando simuladores para la enseñanza y el aprendizaje de robótica?

Las subpreguntas de la investigación fueron:

1. ¿Cómo influyen las competencias digitales y el conocimiento previo en el campo de Robótica en el desempeño en un curso que utiliza herramientas virtuales?
2. ¿Cómo se sintieron los docentes al utilizar simuladores para enseñar y aprender robótica?
3. ¿Cómo influye la experiencia de los docentes en un curso de robótica con simuladores en su capacidad para diseñar y adaptar actividades de aprendizaje centradas en la robótica?
4. ¿Cuáles beneficios tiene el uso de simuladores para enseñar y aprender robótica?
5. ¿Cuáles retos tiene el uso de simuladores para enseñar y aprender robótica?
6. ¿Cuáles recomendaciones ofrecen los docentes para utilizar simuladores en la enseñanza y aprendizaje de robótica?

Tomemos en el mismo orden de las preguntas, la discusión de los hallazgos provenientes del Capítulo IV.

## 1. ¿Cómo influyeron las competencias digitales y el conocimiento previo?

El dominio de las competencias digitales y el conocimiento previo en robótica surgieron como elementos cruciales en la fase dos del estudio, revelando una influencia significativa en el desempeño de los docentes. Las reflexiones dentro de los portafolios digitales ilustran que aquellos con una base sólida en programación y conceptos computacionales se sintieron más en su elemento al navegar por el simulador *VEXcode VR*. Su familiaridad con el lenguaje de la robótica les permitió capitalizar las lecciones interactivas y prácticas, sumergiéndose rápidamente en la experimentación y el diseño lúdico.

Este hallazgo se alinea con los principios de la Andragogía, en particular el concepto de Participación propuesto por Knowles (1970, citado en Yturralde, 2013). El principio de Participación destaca la importancia de reconocer que el aprendiz adulto llega al proceso de aprendizaje con una experiencia previa valiosa. En este sentido, no solo recibe conocimientos, sino que también contribuye activamente a su construcción colaborativa, ya sea en entornos presenciales o virtuales. El rol del docente, por lo tanto, debe ser el de un facilitador que promueve la participación activa, aprovechando el bagaje del aprendiz para enriquecer el entorno de aprendizaje.

Por otro lado, aquellos docentes con competencias digitales emergentes se enfrentaron a una curva de aprendizaje más pronunciada. Sin embargo, la interfaz intuitiva y las lecciones estructuradas de los simuladores proporcionaron un andamiaje eficaz que no solo mejoró su conocimiento técnico, sino que también incrementó su confianza. Los docentes con menos conocimientos previos encontraron en las

certificaciones y los recursos de apoyo una vía para fortalecer su competencia digital, demostrando que la preparación inicial no es una barrera insuperable, sino un punto de partida para el crecimiento y la adaptabilidad en un entorno virtual de aprendizaje.

Este hallazgo resalta nuevamente la importancia de considerar el enfoque andragógico, esta vez desde el principio de la Flexibilidad. Según Knowles (1970, citado en Yturralde, 2013), el principio de Flexibilidad se fundamenta en entender que los adultos tienen diversas responsabilidades laborales, familiares y situaciones económicas diferentes lo cual nos invita a la flexibilidad en los horarios por estas mismas responsabilidades como adultos. Este principio se aplica en entender igualmente que, al ser diferentes, los adultos necesitamos tiempos diferentes para los procesos de “Asimilación” y “Acomodación” de sus aprendizajes relacionados con sus aptitudes, capacidades y destrezas. De aquí que la educación en línea autodirigida fuera una de las fuertes recomendaciones de Knowles, ya que, con los avances de la tecnología, las posibilidades de acomodo están disponibles. Es solo cuestión de utilizar las herramientas y diseñar considerando al adulto.

La intersección entre la competencia digital y el conocimiento previo se manifestó también en la capacidad de los docentes para adaptar y personalizar el contenido y las actividades del curso. La inclusión de múltiples niveles de desafío y recursos de aprendizaje, adaptados a distintos grados de conocimiento y habilidades técnicas, permitió que todos los participantes encontraran su propio camino de aprendizaje. Este enfoque diferenciado subraya la importancia de reconocer y responder a la diversidad de

competencias digitales y conocimientos previos al diseñar experiencias de aprendizaje en línea que sean inclusivas y efectivas.

Esto es congruente con los enfoques pedagógicos *TPACK* (Mishra y Koehler, 2006), *SAMR* (Puentedura, 2010), y los estándares *ISTE* (2016) y *DIGCOMP* (2022), a los que hemos hecho referencia a través de toda esta investigación. En todos ellos, se enfatiza la importancia de un docente con la capacidad de desarrollar contenidos digitales que apoyen sus prácticas de enseñanza para lograr experiencias de aprendizaje transformadoras para sus estudiantes, y a su vez llevarlos a tener un aprendizaje significativo dentro de un entorno de aprendizaje ya sea virtual o híbrido. Además, aunque contemos con equipos físicos para realizar laboratorios presenciales, no hay razón para no aprovechar las ventajas del uso de recursos virtuales como los simuladores para complementar cualquier curso presencial.

## **2. ¿Cómo se sintieron los docentes al utilizar simuladores para enseñar y aprender robótica?**

Tanto las reflexiones capturadas en los portafolios digitales de los participantes, como los hallazgos de las entrevistas en profundidad resaltan una transición de la incertidumbre inicial a una valoración positiva de la experiencia de aprendizaje. En un curso donde el docente esperaba tener un kit de robótica para aprender y luego transferir la experiencia con sus estudiantes, el saber que no iban a contar con esos equipos hizo que al inicio sintieran decepción. Así que la experiencia de enseñanza del curso no comienza en cero, sino en negativo.

En nuestro caso, el poder contar con herramientas virtuales efectivas le dio un giro a la experiencia, convirtiéndola en una que disfrutaron y que los hizo sentir deseosos por transferir a la sala de clases. Los maestros vieron en los simuladores un gran potencial para integrar en sus diversas clases y motivar a los estudiantes. Los docentes se sintieron empoderados, ya que estos simuladores facilitaron un entendimiento más profundo de conceptos de robótica y que sus estudiantes llevaran a cabo sus prácticas de sin los riesgos o costos asociados con el hardware físico. Los simuladores también facilitaron la visualización de mecanismos y circuitos eléctricos, lo que satisfizo a aquellos docentes que buscaban métodos innovadores para involucrar a sus estudiantes. Este hallazgo es congruente con un estudio cualitativo realizado en la Universidad de Los Lagos, Chile (2022), a maestros en formación durante la Pandemia COVID-19, sobre la efectividad de integrar una unidad de robótica educativa en un ambiente simulado para la enseñanza-aprendizaje de matemáticas. Según Castro, et al. (2022), al igual que en nuestro caso, los participantes inicialmente creían que aprender robótica sin un kit físico era imposible. Sin embargo, la mayoría cambió la percepción al comprender y diseñar actividades que promovieran la resolución de problemas matemáticos. Concluyeron que un ambiente simulado proporciona herramientas suficientes para aprender nociones básicas de robótica, sin la necesidad de un kit físico, que puede ser utilizado con fines didácticos.

Sin embargo, la experiencia no estuvo exenta de sus desafíos emocionales. La limitación de no poder experimentar con equipos físicos fue sentida por algunos, destacando la importancia de contar con equipos físicos en la enseñanza de la robótica.

Para mitigar este aspecto, sugirieron que se extendiera más el curso y así poder realizar más ejercicios de práctica. También, que en un futuro se incluyera un kit de robótica físico con el que también se pudiera practicar y tener la experiencia de una transición más fluida entre la simulación virtual y la práctica real.

### **3. ¿Cómo influyó la experiencia de los docentes en un curso de robótica con simuladores en su capacidad para diseñar y adaptar actividades de aprendizaje centradas en la robótica?**

La experiencia con simuladores influyó grandemente en la capacidad de los maestros para diseñar actividades adaptadas a sus diversas clases integrando la robótica. Poder ver las reflexiones en sus portafolios tras realizar cada proyecto, nos permitió palpar el entusiasmo, el aumento de confianza y el deseo de continuar aprendiendo.

Podemos ver nuevamente reflejado el principio de Andragogía: Participación, ya que cada maestro traía consigo una maleta de conocimientos y experiencias de la vida previas y éstas quedaron plasmadas cuando documentaban sus experiencias en los portafolios. La manera en que abordaban las explicaciones, sus conclusiones y su entusiasmo al conectar lo que ya sabían con las nuevas experiencias brindadas en clase.

Los participantes se expresaban emocionados con cada reto y desafío que lograban resolver. Cabe señalar que, aunque las reuniones sincrónicas virtuales se supone que fueran de tres horas, al terminar las clases, los maestros no se querían ir, querían seguir practicando. Si alguien preguntaba algo al final, todos se quedaban pendientes a cualquier demostración adicional que se hiciera con los simuladores. Estas experiencias de compartir al final de las reuniones, brindaba la oportunidad de un trato más de tú a tú

entre colegas, lo que es coherente con otro de los principios de la Andragogía:

Horizontalidad. Este principio, según Knowles (1970, citado en Yturralde, 2013), se basa en la equidad y en reconocer que los adultos comparten cualidades similares debido a su experiencia de vida y su condición de adultos.

Cuando el docente utiliza esta estrategia, fomenta un ambiente de confianza y seguridad entre los participantes, validando sus experiencias y contribuyendo al fortalecimiento de su autoestima, aprendiendo a valorar las experiencias adquiridas a través de su vida. Cuando se trabaja en clase con este principio, se está rompiendo con la tradicional “verticalidad” donde el Instructor enseña desde una posición superior hacia sus estudiantes.

Entre los simuladores integrados, se resume la aplicación en el curso: El simulador VEXcode VR emergió como una herramienta curricular robusta, con educadores destacando su estructura y alineación con los objetivos educativos. La experiencia fue transformadora en la manera en que conceptualizaron la enseñanza de la robótica, desplazándose desde una perspectiva centrada en el hardware a una comprensión más holística que abarca la programación, el pensamiento computacional y la resolución de problemas.

La capacidad para incorporar Gear Generator y TinkerCAD Circuits en el currículo de ciencias y matemáticas también fue notable. Los docentes pudieron diseñar proyectos que se alineaban con los estándares de aprendizaje y, al mismo tiempo, mantenían un alto grado de interés y compromiso estudiantil. Esta adaptabilidad

curricular es una fortaleza clave que surge de la experiencia con simuladores, promoviendo un enfoque de enseñanza más dinámico y relevante para el siglo XXI.

Este hallazgo es congruente con los resultados de un estudio reciente (2023) de la Universidad de Zaragoza, donde Pozuelo et al. concluyeron que el profesorado percibe los simuladores como herramientas útiles para desarrollar la competencia científica del alumnado. Sin embargo, para fomentar un uso más habitual de estos recursos, los docentes indicaron la necesidad de recibir formación específica que les permita a diseñar secuencias de actividades en torno a contenidos concretos.

#### **4. ¿Cuáles beneficios tiene el uso de simuladores para enseñar y aprender robótica?**

Los hallazgos obtenidos de las reflexiones de los participantes durante el curso resaltaron múltiples beneficios en el uso de simuladores para la enseñanza y el aprendizaje de robótica.

- Los simuladores permitieron a los docentes superar las limitaciones de acceso a equipos físicos, ofreciendo una plataforma rica en recursos donde los conceptos de robótica se pudieron explorar sin restricciones de espacio o presupuesto.
- La interactividad de herramientas como VEXcode VR trajo a la vida la programación y el pensamiento computacional, facilitando un aprendizaje práctico y concreto a través de la simulación.
- La visualización dinámica proporcionada por Gear Generator permitió dar claridad a conceptos de física y mecánica que de otra manera serían



abstractos, mientras que TinkerCAD Circuits ofreció una experiencia inmersiva para diseñar y probar circuitos electrónicos, fortaleciendo la comprensión teórica con práctica aplicada.

- Los entornos simulados brindaron un espacio seguro para la experimentación y el error, elementos clave para un aprendizaje profundo y duradero.
- Los simuladores ampliaron las posibilidades pedagógicas, permitiendo a los docentes personalizar y adaptar las actividades educativas para satisfacer diversas necesidades de aprendizaje. Al hacerlo, los simuladores no solo apoyaron el desarrollo de habilidades técnicas, sino que también promovieron competencias transversales como la resolución de problemas, el pensamiento crítico y la creatividad, habilidades todas esenciales para los estudiantes del siglo XXI.
- La facilidad de uso y lo atractivo de los simuladores fueron clave para sentirse confiados y empoderados para transferir la experiencia al salón de clases, entendiendo que sus estudiantes lo iban a disfrutar y aprovechar.

Esto es compatible con los hallazgos de un estudio de literatura de la Universidad de Técnica Particular de Loja en Ecuador, donde Rosales et al. (2023) examinaron las ventajas del uso de simuladores en el aprendizaje de los estudiantes. Entre las ventajas, los simuladores permiten:

- visualizar conceptos abstractos y comprender mejor los principios fundamentales de la física.

- explorar escenarios y realizar experimentos virtuales, lo que fortalece su comprensión conceptual.
- visualizaciones interactivas y experimentos virtuales para diversos temas
- manipular diferentes variables a través de diversos experimentos.
- llevar a cabo experimentos virtuales que pueden resultar costosos, peligrosos o difíciles de realizar en un entorno físico real.
- experimentar con distintas situaciones y comprender cómo los cambios en variables afectan los resultados. Esta flexibilidad promueve un aprendizaje adaptativo y permite a los estudiantes avanzar a su propio ritmo.

Rosales et al. (2023) concluyen que los simuladores en línea han surgido como una herramienta educativa efectiva que permite a los estudiantes explorar y comprender conceptos físicos abstractos de manera interactiva proporcionando a los estudiantes la oportunidad de experimentar fenómenos físicos de forma interactiva.

##### **5. ¿Cuáles retos tiene el uso de simuladores para enseñar y aprender robótica?**

Se identificaron tres retos principales:

- Infraestructura - Para poder usar los simuladores hay que contar con que la escuela tenga una infraestructura que incluya el servicio de Internet. Uno de los maestros compartió que, aunque logró conseguir algunas computadoras para su salón, el servicio de Internet no es estable y como están por remodelar su escuela, duda que inviertan en arreglar eso en este momento. Además, mientras la transición de los conceptos aprendidos en *TinkerCAD Circuits* a

aplicaciones en el mundo real fue emocionante, se encontraron limitaciones al integrar estos aprendizajes con *hardware* real.

- Bibliotecas de recursos externos requeridas para el uso de algunos dispositivos
  - Al trasladar los proyectos de un entorno simulado a un contexto físico hay que incluir los *libraries* (en español, bibliotecas de recursos) del dispositivo de Arduino que se desea integrar. En el simulador *TinkerCAD* ya estaban incluidas, pero en algunos casos, ciertos dispositivos o sensores requirieron incluir unos *libraries* específicos. Esto se pudo resolver con la ayuda de algún compañero o con la ayuda de la maestra. Este desafío destaca la importancia de proporcionar apoyo continuo y recursos que faciliten esta transición, asegurando que los simuladores sirvan como complementos eficaces, y no como sustitutos, de la experiencia práctica.
- Falta de apoyo de la comunidad escolar para adquirir equipos físicos - La necesidad de complementar las experiencias de simulación con interacciones físicas reales fue un desafío subrayado por los educadores. No cuentan con el apoyo del Departamento de Educación ni de la comunidad escolar para adquirir equipos físicos. La gran mayoría de los participantes indicó que los equipos que tienen, los costean de su propio bolsillo, dos mencionaron contar con algunos *kits* y una maestra indicó que estudiantes de otros años le donaron algunos equipos. Aquellos participantes que adquirieron un *kit* de robótica cuando tomaron la certificación, teniendo solo un kit, ¿qué podrían hacer?

## **6. Recomendaciones de los docentes para utilizar simuladores en la enseñanza y aprendizaje de robótica.**

Las recomendaciones de los docentes para utilizar simuladores en la enseñanza de la robótica son tan valiosas como los hallazgos mismos.

- Sugieren una integración curricular reflexiva, en la que los simuladores se empleen para reforzar y complementar los objetivos de aprendizaje, no como un fin en sí mismos. La personalización y adaptabilidad deben estar en el centro del diseño de actividades, asegurando que los simuladores atiendan a una gama diversa de habilidades y conocimientos previos.
- Como algunos recursos son en inglés, los docentes enfatizan la importancia de recursos de apoyo detallados, como guías paso a paso y tutoriales en video.
- Mayor acceso a capacitación para los docentes. Que las oportunidades de desarrollo profesional en simuladores y robótica estén ampliamente disponibles y sean continuas. Esta formación debería incluir no solo el manejo de los simuladores, sino también estrategias pedagógicas para integrar eficazmente la tecnología en el aula. Las recomendaciones de los docentes para futuras implementaciones subrayan la importancia de un posible curso de continuación donde haya opciones para los maestros en diversos niveles: uno para los que tienen experiencia y otro para los que no tienen ninguna experiencia, para que la experiencia sea aún más efectiva
- Que la experiencia de los simuladores vaya seguida de la transición a la experiencia concreta real.

## **Resumen de la experiencia de los docentes utilizando simuladores para la enseñanza y el aprendizaje de robótica**

La experiencia de los docentes usando simuladores para enseñar y aprender robótica fue efectiva y exitosa, lo que les hizo sentir confiados y empoderados al transferir el aprendizaje al aula. Los recursos y herramientas provistos en el curso les sirvieron de base para para integrar los conceptos aprendidos e incorporarlos a los diferentes cursos que ofrecen. La experiencia con los simuladores transformó la incertidumbre inicial que tuvieron al no contar con *kits* de robótica, en una percepción positiva y empoderadora sobre el uso de la tecnología en educación.

Los docentes se sintieron motivados por la capacidad de los simuladores para ayudar con conceptos complejos y ofrecer un espacio seguro para la exploración y el error, elementos cruciales para un aprendizaje significativo.

Por otro lado, algunos expresaron la falta de interacción con equipos físicos, lo que resalta la necesidad de complementar la simulación con experiencias físicas. A pesar de estos desafíos, la experiencia general fue vista como una aventura pedagógica que permitió a los docentes explorar nuevas formas de enseñanza que integran herramientas virtuales para el aprendizaje, aumentando así el compromiso y la comprensión de los estudiantes.

Desde el punto de vista curricular, la experiencia con los simuladores enriqueció notablemente la capacidad de los docentes para diseñar y adaptar actividades de aprendizaje para fomentar habilidades como el pensamiento crítico y la creatividad. Los docentes pudieron integrar herramientas como *Gear Generator* y *TinkerCAD Circuits* en

sus currículos, alineando proyectos con estándares académicos y manteniendo un alto nivel de interés estudiantil. A través de estas prácticas, los simuladores demostraron ser una herramienta valiosa, no solo para el desarrollo de competencias técnicas sino también para la promoción de un aprendizaje dinámico y relevante, preparando a los estudiantes para los desafíos del siglo XXI. Las recomendaciones de los docentes para futuras implementaciones subrayan la importancia de un posible curso de continuación donde haya dos niveles, uno para los que tienen experiencia y otro para los que no tienen experiencia, para que la experiencia sea más efectiva.

### **Nuevos temas que emergieron de esta investigación**

Los hallazgos de esta investigación desplegaron un espectro de aprendizaje enriquecido por diversas herramientas virtuales, donde las barreras físicas no impidieron una experiencia positiva y efectiva. Al mantener un enfoque fenomenológico, fuimos testigos de cómo las emociones como la confianza, la motivación y la claridad estructural se mezclaron con el uso de simuladores, configurando un curso que ha dejado una buena impresión entre los participantes. Con ese mismo lente fenomenológico quisiera ahora abordar otros aspectos del curso *STEM 6004* que pudieran haber aportado a la experiencia de los maestros que tomaron la Certificación *STEM PBL* en 2022 ya que no podemos pensar que una experiencia profunda surja de la nada. Diversas investigaciones señalan cómo los aspectos curriculares y sociales contemplados en un curso en línea pueden hacer la diferencia entre un curso que mantiene a sus participantes comprometidos con su aprendizaje y uno que no.

### **Recomendaciones para mejorar la eficacia de currículos en línea**

Para mejorar la eficacia de los currículos en línea y fomentar la motivación estudiantil, es crucial diseñar experiencias de aprendizaje que sean interactivas, relevantes y estén bien estructuradas. Las siguientes recomendaciones están respaldadas por estudios recientes que abordan estrategias exitosas para involucrar y motivar a los estudiantes en entornos de aprendizaje en línea.

La inclusión de elementos interactivos como herramientas de simulación, juegos educativos y tareas que requieren la participación del estudiante, no solo hacen que el aprendizaje sea más atractivo, sino que también mejoran la retención y comprensión de los conceptos enseñados. La investigación sugiere que los currículos que incorporan técnicas de gamificación y actividades prácticas tienden a resultar en mayores niveles de motivación y compromiso estudiantil (Clark & Mayer, 2016).

La calidad de un curso en línea trasciende la mera presentación de contenidos y se adentra en el corazón de la experiencia educativa; es el pilar sobre el cual se construyen el compromiso y el éxito de los participantes. En el contexto de un curso de robótica a distancia, los aspectos de claridad en las instrucciones, accesibilidad de los recursos y la calidad de la comunicación emergen como factores cruciales para el logro de los objetivos de aprendizaje. B1 reflejó la esencia de una instrucción de calidad al mencionar: "Estas clases me hicieron explorar todo... Ahora se me hace más fácil." Este testimonio señala el valor de las instrucciones claras y detalladas que permiten a los estudiantes no solo seguir el curso, sino también explorar y descubrir más allá de lo esperado, fomentando así una experiencia de aprendizaje autónoma y significativa.

La claridad en las instrucciones se complementa con la disponibilidad y calidad de los recursos proporcionados. Como señaló A3, "la forma en que se utilizaron los recursos virtuales, aplicaciones y plataformas fue muy efectiva para llevar la robótica a la sala de clases." Esto subraya que la calidad del material de apoyo puede hacer la diferencia entre un aprendizaje superficial y uno que invita a la inmersión profunda en los conceptos y habilidades presentados.

### **Relevancia del contenido y aplicabilidad real**

Los currículos deben relacionar el material de aprendizaje con situaciones de la vida real que sean pertinentes para los estudiantes. Al ver la aplicabilidad de lo que aprenden, los estudiantes tienden a valorar más el contenido del curso y se sienten más motivados para participar activamente. Esta conexión entre el contenido del curso y su aplicabilidad práctica es crucial para mantener el interés y la motivación (Keller, 1987).

### **Retroalimentación continua y oportunidades de reflexión**

Proporcionar a los estudiantes retroalimentación regular y constructiva sobre su progreso es fundamental para mantener su motivación. Los currículos que incluyen autoevaluaciones, evaluaciones por pares y revisiones constantes del profesorado ayudan a los estudiantes a entender mejor su propio aprendizaje y a identificar áreas de mejora. Además, las oportunidades para la reflexión personal y el diálogo crítico fomentan una comprensión más profunda y un aprendizaje significativo (Garrison & Arbaugh, 2007).

En un entorno donde la presencia física es reemplazada por la interacción digital, la comunicación entre el docente y los estudiantes toma un papel protagónico. B1 expresó un elemento esencial de esta comunicación al considerar a la profesora como su mentora:



"Ahora se me hace más fácil. Considero a la profesora mi mentora." La percepción de la instructora como una mentora refleja una relación de enseñanza y aprendizaje que va más allá del contenido, adentrándose en el terreno del acompañamiento y apoyo personalizado, vital para el éxito en un ambiente de aprendizaje virtual.

El éxito de los participantes también es palpable cuando se sienten preparados y entusiasmados para transferir su aprendizaje al entorno físico. La autoconfianza para aplicar conceptos virtuales en un contexto real es un testimonio de la calidad del curso. A2 compartió: "Disfruté mucho de la experiencia. Aprendí mucho durante el curso y me sentí preparada para aplicar lo aprendido con mis estudiantes." Esta sensación de preparación y capacidad es un indicativo claro de la efectividad del curso.

### **Motivación**

Finalmente, el éxito se refleja en la capacidad de un curso para motivar y mantener el interés de los estudiantes. B3 resumió esto al decir: "La experiencia al transferir al salón de clases el uso de simuladores para la enseñanza de robótica fue positiva." La implicación de que la experiencia no solo fue exitosa sino también positiva, refleja un curso que logra resonar con los estudiantes, impulsándolos hacia el aprendizaje activo y el compromiso con la materia.

### **Inspiración**

La calidad de un curso en línea, no solo se mide por el contenido y como se entregue, sino también por su capacidad para inspirar y forjar un camino a seguir para los participantes. La reflexión de B3 encapsula esta idea al describir el curso *STEM 6004* como "una experiencia inolvidable" que infundió energía y visión para su futuro

profesional. Es testimonio del poder de un curso bien diseñado para catalizar un cambio profundo y personal en quienes participan. La descripción de B3 de la profesora como alguien que "ha compartido sus conocimientos, materiales y herramientas" resalta la calidad de la enseñanza y la riqueza de los recursos proporcionados, aspectos fundamentales que determinan la calidad percibida y la efectividad de un curso en línea.

Además, la llamada de B3 para que el Departamento de Educación continúe la capacitación y certificación en *STEM*, resalta la necesidad de una educación de calidad y accesible a nivel nacional. La mención de que "El uso y aplicación de este currículo nos puede ayudar a salir del estancamiento que el sistema educativo del país refleja desde hace muchos años" subraya la importancia de la innovación y relevancia en el contenido del curso para abordar desafíos educativos más amplios. La robótica y la tecnología, como pilares de interés para los jóvenes, pueden ser los vehículos para motivar y preparar a los futuros ingenieros, como observó el ingeniero Yamil Martínez y como se refleja en la propia experiencia de B3.

La visión de B3 de que *STEM* debe ser para todos, "desde grados primarios hasta el nivel universitario", resuena con el principio de que la calidad en educación debe ser inclusiva y no exclusiva. Este enfoque holístico es crucial para un curso en línea exitoso, donde la calidad es sinónimo de equidad y donde los cursos no solo son vehículos de conocimiento, sino también instrumentos de cambio social y facilitadores de oportunidades para todos. El curso *STEM* 6004, en palabras de B3, ejemplifica cómo un curso en línea puede convertirse en un catalizador para este tipo de cambio, promoviendo

un sistema educativo que valora y fomenta la inclusión y la expansión del potencial humano a través de la robótica y la tecnología.

### **¿Cómo fue la experiencia diseñando las actividades curriculares del curso *STEM***

#### **6004 para un curso de robótica sin equipos físicos?**

En los siguientes párrafos nos adentramos a la experiencia de la profesora como diseñadora del curso y las actividades curriculares que le ayudaron a cumplir los objetivos de este. En primer lugar, es importante recordar que tanto los participantes como la profesora esperaban haber contado con algún *kit* de robótica para aprender robótica, pero a última hora no fue así. En segundo lugar, la diversidad entre los participantes iba desde maestras de español y bibliotecarias hasta maestros de preingeniería y electricidad. Además, algunos eran maestros de nivel elemental, otros de intermedia y otros de nivel superior. Por suerte, contábamos con una plataforma robusta de Gerencia de sistema de aprendizaje, Moodle, donde se organizaban los contenidos de forma estandarizada y estructurada. Para cada lección se compartían los objetivos y el orden sugerido en que los participantes debía realizar sus trabajos.

Con el propósito de que todos salieran con algún material que les sirviera para transferir su experiencia de aprendizaje a sus escuelas, compartí desde libros de cuentos para nivel elemental como “Las aventuras de Mark en Marte”, hasta una guía paso a paso para la creación de los circuitos que se crearían más adelante utilizando la plataforma *TinkerCAD*, creada por la profesora. Así que la primera lección constó de compartir una carpeta llena de recursos en línea para cualquier nivel y plataforma de robótica con al que pudieran contar en sus escuelas tales como: Makeblock, *LEGO*, *VEX* y Arduino. Fue

curioso porque los participantes descargaron todos los recursos y cuando hice el primer *Assessment* de los portafolios virtuales, aparecían enlaces a cada recurso. Aprovecho y hago un aparte para indicar que, al ser un curso en línea, la libreta del curso era un portafolio virtual donde los participantes evidenciaban sus trabajos y escribían reflexiones sobre el proceso de aprendizaje. Desde el principio hubo comentarios sobre la calidad de los recursos compartidos. Además, entre los recursos se encontraban los estándares y expectativas de la Asociación de Maestros de Ciencias de Cómputos que servirían de norte para el curso.

De la segunda lección en adelante, se comenzaron a incorporar los simuladores. El primero, Cyberbotics *Webots* donde los participantes podían descubrir los componentes, sensores, motores y grados de libertad con los que contaban diversos robots reconocidos en la industria. El segundo *VEXcode VR*, donde realizaron la actividad de “Limpieza de Arrecifes de Coral” y también se compartió el currículo disponible en línea donde los maestros podían obtener de forma gratuita diversas certificaciones. Se incorporaron, además, videos de *YouTube*, películas sobre el origen del motor eléctrico y diversos tipos de *Assessment* para que los maestros vieran que pueden evaluar el aprendizaje no solo con exámenes formales, sino con *Assessments* gamificados como las pruebas cortas realizadas con la plataforma Word Wall, videos y presentaciones interactivas realizadas con H5P. De aquí pasamos a la creación de sistemas de engranajes utilizando el simulador *Gear Generator*. Con este simulador, se pudo discutir conceptos como que la velocidad es vectorial ya que tiene magnitud y dirección como sistemas lineales de engranajes, velocidad vs torque, razón de

transmisión de movimiento, sistemas satelitales y sistemas de poleas. Esta actividad estaba más dirigida a nivel superior, por lo que se añadió una lección donde los participantes construyeron catapultas con materiales caseros y carritos a partir de una botella de padrino de cualquier refresco. Además, se invitó a un ingeniero mecánico (Yamil Martínez), para que les enseñara a construir paso a paso, la base de un robot de VEX. El último simulador en integrar fue *TinkerCAD Circuits* donde se construyeron de forma virtual prototipos integrando diversos sensores y componentes. La última reunión fue una demostrativa con los robots de la maestra donde integró la plataforma Makeblock y la plataforma Arduino. Algunos participantes compraron alguno de estos robots por su cuenta y pudieron ver cómo se transfería de los virtual a lo físico. Durante el resto de la semana, fueron muchas las solicitudes de reunión ya que los participantes que pudieron adquirir sus *kits* de robótica estaban ansiosos por aprender más. Esa semana, la profesora concedió horarios de oficina en grupo e individuales. Los participantes estaban entusiasmados por lo que querían compartir con sus estudiantes.

Podemos resumir que el curso *STEM 6004* fue meticulosamente estructurado para asegurar, no solo la cobertura de los fundamentos técnicos necesarios, sino también para promover el pensamiento crítico y la solución creativa de problemas. La selección de simuladores como *VEXcode VR*, *Gear Generator* y *TinkerCAD Circuits*, así como la integración de proyectos y actividades prácticas, permitieron a los docentes y estudiantes explorar conceptos complejos en un entorno virtual interactivo. Este enfoque pragmático no solo facilitó la comprensión de la robótica, sino que también preparó a los participantes para aplicar estos conocimientos en situaciones reales.

## La importancia del conectivismo

El conectivismo es una teoría del aprendizaje desarrollada por George Siemens y Stephen Downes alrededor del 2004. La misma considera que el aprendizaje ocurre a través de las conexiones entre los aprendices y las diversas fuentes de información. Esta teoría es especialmente relevante en la era digital, donde la tecnología y el internet han transformado cómo accedemos y gestionamos la información (Kurt, 2023). Siemens desarrolló más la parte conceptual de la red, mientras que Downes se enfocó más en el aspecto de distribución de información a través de MOOCS. Comencemos con los planteamientos de Siemens de donde hemos seleccionado tres puntos clave muy relacionados con la experiencia de los participantes a través de toda la Certificación *STEM PBL*. Estos son:

1. Aprendizaje en red: Según Siemens (2005), el conectivismo ve el aprendizaje como un proceso de creación de conexiones y redes entre entidades informativas. Estas conexiones pueden ser entre ideas, personas o comunidades. Así que el conocimiento no se encuentra solo en la mente del individuo sino en la red de conexiones. Dentro de esta red, Siemens utiliza el concepto de nodos y enlaces en el conectivismo inspirándose en la teoría de redes, y los enmarca como elementos integrales para explicar el proceso de aprendizaje en la era digital. Un nodo, dentro de este contexto, es esencialmente cualquier punto o fuente de información. Esto puede abarcar una variedad de entidades como personas, organizaciones, bases de datos u otros recursos que pueden generar o procesar información. En el caso del curso *STEM 6004*, las lecturas, videos, guías,

tutoriales, enlaces a sitios *Web* o visitas de expertos en la construcción de robots, todos ellos serían ejemplos de nodos.

Por otro lado, los enlaces sirven como puentes o relaciones que unen estos nodos. Son las rutas a través de las cuales la información se traslada de un nodo a otro. Estos enlaces pueden manifestarse de varias maneras. Por ejemplo, podría ser a través de discusiones en un foro, una tarea que te enlaza a una fuente de información, una referencia académica, hipervínculos digitales o incluso lazos sociales en sitios de redes

2. Redes sociales: Según Gutiérrez (2012), el conectivismo ocurre dentro de un contexto social caracterizado por la creación de valor a través de redes de inteligencia humana para crear conocimiento. Las redes sociales juegan un papel crucial como medio para compartir información y para el aprendizaje colaborativo. Por otro lado, Reyna et al. (2022), plantean que los aprendices interactúan y aprenden de sus pares, expandiendo su red de conocimiento y que el docente mejora sus competencias comunicativas y tecnológicas cuando propicia que sus estudiantes tengan una mayor interactividad con los contenidos y actividades del curso, organizando comunidades de aprendizaje en procesos de apertura, conectividad, autonomía y diversidad.

Cabe destacar que una de las estrategias empleadas por DECEP en el proyecto PADE mediante el que se facilitó la Certificación *STEM PBL* fue crear un chat de *WhatsApp* para cada cohorte. Según los participantes pasaban al próximo curso de la certificación, los profesores éramos añadidos al chat. O sea, que cuando entré

como profesora ya existía una comunidad virtual de aprendizaje dentro de ese canal de comunicación. En el mismo, los participantes compartían información, dudas e inquietudes. Además, cuando tenían cualquier duda era un canal donde tenían un acceso más rápido a los maestros.

En una investigación realizada por González et al. (2023), encontraron que las comunidades virtuales revolucionaron las relaciones humanas con redes sociales como Twitter, LinkedIn, Reddit o Instagram, con un uso creciente de alrededor del 75% en países desarrollados. Estas comunidades han trasladado las interacciones al ámbito digital, convirtiéndose en un componente esencial de sus rutinas diarias, especialmente con la adopción generalizada de internet y dispositivos móviles. Las comunidades virtuales han surgido como plataformas indispensables y muy valiosas para facilitar y mejorar las oportunidades de desarrollo profesional.

Por su parte Siemens (2005), señala que la experiencia es la mejor maestra del conocimiento y dado que no podemos experimentarlo todo, las experiencias de otras personas se convierten en el sustituto del conocimiento. "Almaceno mi conocimiento en mis amigos" es un axioma para acumular conocimiento a través de otros.

Aunque al momento de Siemens plantear sus puntos sobre la conectividad no estaba en el panorama el uso de redes sociales como *WhatsApp*, herramientas de comunicación como estas permiten el intercambio de conocimiento en las comunidades virtuales y se pueden convertir en enlaces y puentes hacia el



conocimiento. Basada en los principios de la conectividad, entiendo que en el caso del curso SEM6004, la plataforma de red social *WhatsApp* ayudó a mantener la conexión entre estudiantes, sirviendo como puente para:

- a. crear grupos que sirvieron como redes de aprendizaje, donde los estudiantes compartían recursos, discutían ideas y colaboraban en proyectos.
- b. facilitar intercambios instantáneos de mensajes, enlaces, archivos y otros medios, lo que ayuda a mantener a los estudiantes informados y conectados en tiempo real.
- c. acceder desde dispositivos móviles, lo que permite a los estudiantes conectarse desde cualquier lugar y en cualquier momento, aumentando la flexibilidad en cómo y cuándo participan en el proceso de aprendizaje.
- d. promover un sentido de comunidad y colaboración entre los estudiantes.
- e. ayudarse mutuamente ya que, en un grupo de *WhatsApp*, los estudiantes pueden ayudarse a filtrar y destacar información importante, fomentando habilidades críticas de toma de decisiones.

3. Integración de la tecnología: La tecnología es fundamental en el conectivismo, ya que facilita el acceso a información y a las conexiones en una escala global.

Mientras Siemens introdujo la teoría de nodos y conectividad, Downes (2010) es reconocido por su contribución en el contexto de los cursos en línea y el aprendizaje masivo abierto en línea (MOOCs). Como Downes señala:

A menudo hablamos de juegos, simulaciones y otros eventos en el aprendizaje, pero estas tecnologías solo respaldan el aprendizaje episódico. Igual de importantes son aquellas tecnologías que proporcionan un contexto para estos episodios de aprendizaje, un entorno donde los estudiantes interactúan y conversan entre sí.

Sin una plataforma como Moodle, hubiera sido casi imposible llevar a cabo el curso.

Aquí presentamos algunas ideas de cómo la literatura de Downes, complementa y expande la teoría del conectivismo:

- a. Entorno donde el aprendizaje puede evolucionar. Downes enfatiza que estas redes no solo conectan información, sino que también crean un entorno en el que el aprendizaje puede evolucionar y adaptarse de manera orgánica.
- b. Descentralización del conocimiento: Mientras Siemens discute la importancia de las conexiones, Downes introduce una dimensión adicional sobre la autonomía en el aprendizaje. En su visión, el conocimiento y el control deben estar descentralizados, lo que significa que el aprendizaje depende menos de un currículo centralizado y más de la capacidad del aprendiz para navegar y crear redes de información. Esta visión va a la par con la distribución de materiales, asignaciones y las diferentes unidades que uno crea en Moodle cuando diseña un curso.
- c. Importancia de la interacción: Downes extiende la idea de Siemens sobre la interacción social, destacando que el aprendizaje efectivo se produce

cuando los participantes no solo consumen contenido, sino que también lo crean y lo comparten activamente. Este enfoque participativo es crucial para el desarrollo de un aprendizaje significativo y duradero. El haber establecido el portafolio digital de evidencias como para principal técnica de evaluación del curso concuerda con esta visión, ya que los participantes de la certificación terminaron creando sus propias guías para transferir la experiencia de aprendizaje a sus aulas. Si no hubieran tenido que evidenciar esos procesos con capturas de pantalla, capturas de videos, fotos y sus reflexiones, las experiencias podrían olvidarse más fácilmente. Es en el momento, en caliente, cuando hay que reflexionar sobre el proceso de aprendizaje para así capturar mejor la esencia de las experiencias vividas.

- d. Tecnología y aprendizaje abierto: Downes también ha sido un defensor del uso de tecnología abierta y recursos educativos abiertos (REA). Él argumenta que la tecnología no solo facilita la creación de redes de aprendizaje, sino que también debe ser abierta y accesible para apoyar un entorno de aprendizaje inclusivo y colaborativo. Así que, plataformas como *Cyberbotics Webots*, *VEXcode VR*, *Gear Generator*, *TinkerCAD Circuits*, *WhatsApp*, *Canva*, *H5P*, *YouTube*, *Word Wall* y cualquier otra plataforma gratuita que hayamos incorporado en el curso, estaría alineada a los planteamientos de Downes. Todas ellas fueron nodos y cada enlace o asignación colocado en Moodle, sirvió de puente para alcanzar nuevos conocimientos.

### ***La importancia de la presencia social en el aprendizaje en línea***

En un estudio reciente de *Frontiers in Psychology*, Miao y Ma (2022) compartieron los hallazgos de su investigación sobre cómo la interacción en línea y la presencia social influyen en el compromiso de los estudiantes con el aprendizaje en línea en la educación superior. Los hallazgos destacan que la presencia social, entendiéndose, la capacidad de los estudiantes de proyectarse de manera social y emocional en el entorno en línea es crucial para fomentar el compromiso y que el estudiante se mantenga activo. La presencia social ayuda a los estudiantes a sentirse menos aislados y más conectados con sus compañeros y profesores, lo que a su vez mejora la experiencia educativa en general. En esta misma línea, en un artículo publicado por *Harvard Graduate School of Education*, Cacciatore (2021) también subraya además la importancia de establecer relaciones sólidas y auténticas entre maestros y estudiantes, incluso en entornos en línea. Recomienda técnicas como la escucha empática y la vulnerabilidad genuina para fomentar la confianza y el apoyo emocional. También destaca la necesidad de que los educadores se capaciten en habilidades interpersonales para mejorar estas relaciones, lo que a su vez puede influir positivamente en el rendimiento y bienestar de los estudiantes. Por su parte, Kunzi (2020, citada en *Pinion Tips*, 2021) señala que si bien el desarrollo tecnológico ha permitido el surgimiento de nuevos espacios que han propiciado la evolución del aprendizaje a través de la virtualidad, existen otros intercambios y vínculos que no pueden -ni deben- negociarse para el proceso educativo: el vínculo docente-alumno sigue siendo necesario. No existe el aprendizaje si no existe el vínculo, aprendemos con otros, a través de la imitación, nuestro cerebro es social, por eso

necesitamos estrechar lazos, disentir, dudar, hacernos preguntas para aprender. La relevancia de la interacción social radica en que permite darle sentido y significado a cada nuevo aprendizaje. Es por esto por lo que, aunque la tecnología avance y aunque el mundo cambie, seguiremos necesitando de otros para aprender.

El aspecto social fue un pilar fundamental en el diseño del curso de robótica online. Se incentivó la creación de una comunidad virtual de aprendizaje donde los estudiantes y docentes pudieran compartir experiencias y conocimientos. La interacción regular a través de foros, chats y actividades grupales no solo reforzó el material de estudio, sino que también fomentó la construcción de relaciones sólidas y de apoyo mutuo. Este enfoque en la comunidad no solo mejoró la experiencia de aprendizaje, sino que también demostró que las relaciones interpersonales son cruciales para el éxito en ambientes educativos virtuales, reflejando la importancia del vínculo humano en la educación digital.

### **Limitaciones del estudio**

Al repasar los resultados de esta investigación entiendo que hubo tres aspectos que pudieron haberse mejorado. En cuanto a criterios de participación, hubiera sido positivo conocer las experiencias de aquellos que no pudieron realizar la transferencia para conocer la causa. Haber limitado la participación a solo los que utilizaron los simuladores en la transferencia impidió incluir otras experiencias del curso en este estudio. En cuanto al tiempo transcurrido, hubiera sido mejor realizar el estudio justo al finalizar la transferencia al aula y no dos años después. El tiempo puede hacer que se olviden los sentimientos y sensaciones iniciales al transferir la experiencia al aula. En

último lugar, hubiera sido recomendable llevar a cabo alguna visita de seguimiento o reuniones virtuales cuando concluyó la certificación, durante el año de transferencia, para conocer al momento cualquier inquietud o dudas que pudieran tener en la transferencia.

### **Sugerencias para investigaciones futuras**

Hacer un estudio cualitativo fenomenológico desde la perspectiva del docente que se enfrenta a situaciones como las que atendió este estudio. El diseño es extraordinario; sería cuestión de cambiar el ángulo. Hacer un estudio mixto donde se añada un cuestionario para encuestar a todos los que tomaron la certificación hayan o no transferido la experiencia de aprendizaje a sus aulas. Comparar este estudio con estudios de otras ramas como el estudio que está llevando a cabo Leonor en la rama de la enfermería y otras ramas.

### **Conclusión**

Los hallazgos obtenidos a través de esta investigación han sustentado que la experiencia de los docentes que tomaron un curso STEM utilizando simuladores para la enseñanza de robótica fue exitosa. Haber abordado esta investigación con un enfoque cualitativo fenomenológico permitió conocer la esencia de la experiencia de los maestros al transferir su experiencia de aprendizaje al salón de clases. La información obtenida en las tres fases: Fase 1: antes de curso, donde los docentes compartieron sus expectativas sobre el cursos; Fase 2: durante el curso, mientras aprendían, evidenciaban sus proyectos en su portafolio digital, reflexionaban sobre los mismos y compartían en una comunidad virtual de aprendizaje enriquecida por los recursos facilitados y los diversos nodos de información disponibles a través de diversos canales; y la Fase 3: después del curso,

donde tuvieron la oportunidad de transferir a su salón de clases, la experiencia de aprendizaje, lograr con éxito la misma y sentir la satisfacción de ver a sus estudiantes disfrutar de los simuladores y otros recursos compartidos en el curso, evidencian que fue así.

Recomendaciones de los participantes sobre la importancia de integrar simuladores solo si hay un objetivo para su uso y no por solo usarlos, nos hacen mantener la vista en la dirección correcta. Recomendaciones como la de no quedarnos en la zona cómoda de los simuladores y buscar la experiencia física real, también nos hacen reflexionar y darnos cuenta, que hay que seguir reclamando equipos físicos para practicar y transferir la experiencia virtual a la concreta. No nos podemos conformar con la experiencia virtual. También, recomendaciones como la de añadir S a STREAM, cobra mayor sentido luego de los nuevos temas que emergieron de esta investigación. La importancia del aspecto social, las redes, los nodos dentro de la teoría de la conectividad, la comunidad virtual de aprendizaje. Todas estas, acentúan que no aprendemos solos, sino en red. Además, los proyectos STEM o STEAM se trabajan en equipos y su objetivo es solucionar los problemas reales de nuestra sociedad.

Desde la perspectiva de los enfoques educativos considerados en este estudio, considerando TPACK: El conocimiento tecnológico pedagógico del contenido es fundamental para el éxito de los procesos de aprendizaje en un curso en línea. En cuanto al construccionismo, el uso de los simuladores es un ejemplo de materia prima para la construcción del conocimiento que transformó las percepciones negativas iniciales de los participantes en unas de éxito y empoderamiento. En cuanto al elemento humano: la

calidad de un curso en línea, no solo se mide por el contenido y como se entregue, sino también por su capacidad para inspirar y forjar un camino a seguir para los participantes. En cuanto a Andragogía: en un curso en línea el enfoque andragógico fomenta el desarrollo de líderes que promueven el éxito en los equipos de trabajo más allá de las barreras de distancia. Por último, el aprendizaje en red dentro del enfoque conectivista es apoyado por los principios de flexibilidad: asimilación y acomodación que necesita el adulto que toma un curso en línea.

### **Palabras finales**

Haber conocido la huella que dejó el curso *STEM* 6004 en los participantes me llena de gran satisfacción. Cuando los participantes hablaban de la emoción que sentían y el recuerdo tan bonito que guardaban sobre el curso, esto hizo eco en mi corazón. Me compartieron que para ellos fue una experiencia inolvidable y esa fue la razón por la que decidí documentar de alguna forma esta experiencia porque esa misma emoción me marcó como maestra. Para mí también será inolvidable la experiencia de la Certificación *STEM* de ambas cohortes de 2022. Disfruté ver cómo los maestros reaccionaron a los recursos que compartí y la responsabilidad que mostraron sobre cada trabajo que asigné. Quedé sorprendida con el nivel de preparación de los maestros y el compromiso que tienen con sus estudiantes. Definitivamente, con maestros así, hay futuro para los estudiantes de nuestro país.

Gracias a los participantes que accedieron a ser entrevistados y también a aquellos que se mantienen conectados a *WhatsApp* como si aún el curso siguiera activo. Esa



comunidad de apoyo me parece que se convirtió en un grupo de colegas o amigos que conservaremos por siempre. Éxito a todos. Dios les bendiga.

## REFERENCIAS

- Alemany, J. (2015). *Simulaciones hiperrealistas para robótica educativa*.  
<https://core.ac.uk/reader/326039620>
- Alvarez, C. (2018). *Aspectos éticos en la investigación educativa*. [diapositivas de PowerPoint].
- Area Moreira, M. (2017). La metamorfosis digital del material didáctico tras el paréntesis Gutenberg. *RELATEC: Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 16 (2), 13-28. DOI <https://doi.org/10.17398/1695-288X.16.2.13>
- Attwell, G. & Hughes, J. (2010). *Pedagogic approaches to using technology for learning: literature review*.  
[https://www.researchgate.net/publication/279510494\\_Pedagogic\\_approaches\\_to\\_using\\_technology\\_for\\_learning\\_literature\\_review](https://www.researchgate.net/publication/279510494_Pedagogic_approaches_to_using_technology_for_learning_literature_review)
- Ausubel, D. P. (1976). *Significado y aprendizaje significativo*.  
<http://cmapspublic2.ihmc.us/rid=1J3D72LMF-1TF42P4-PWD/aprendizaje%20significativo.pdf>
- Autodesk Tinker CAD (2023). *Tinker CAD Circuits*.  
<https://www.TinkerCAD.com/circuits>.
- Blikstein, P. (2018). Thinking with your fingers and touching with your mind: the cognitive dance of Edith Ackermann / Pensando con los dedos y tocando con la mente: La danza cognitiva de Edith Ackermann. *Journal for the Study of Education and Development*, 41(2), 248-286.  
<https://doi.org/10.1080/02103702.2018.1450475>
- Bonilla, V. (2008). La entrevista mediante grupo focal. *INEVA en Acción*, 4(1).  
<https://ineva.uprrp.edu/boletin/v0004n0001.pdf>
- Bonilla, V. (2022). *Selección de participantes*. Presentación del curso EDUC 6400 Métodos de Investigación. [Autor].
- Bonilla, V., & Alvarez, C. (2010). Presentación Diseños de investigación cualitativa: Parte II para el Centro de Excelencia Académica UPR Río Piedras. *Programa de Investigación y Evaluación Educativa (INEVA)*. [https://cea.uprrp.edu/wp-content/uploads/2013/05/diseos\\_de\\_investigacin\\_cualitativa\\_ii\\_-\\_vbonilla.pdf](https://cea.uprrp.edu/wp-content/uploads/2013/05/diseos_de_investigacin_cualitativa_ii_-_vbonilla.pdf)
- Cacciatore, G. (2021). *Teacher-student relationships matter*. Harvard Graduate School of Education. <https://www.gse.harvard.edu/ideas/usable-knowledge/21/03/teacher-student-relationships-matter>

- Carrington, A. (septiembre 3, 2016). Rueda de Pedagogía V5. Designing Outcomes Adelaide SA.  
[https://designingoutcomes.com/assets/PadWheelV5/PW\\_SPA\\_V5.0\\_Android\\_SCRREEN.pdf](https://designingoutcomes.com/assets/PadWheelV5/PW_SPA_V5.0_Android_SCRREEN.pdf)
- Castro, A., Aguilera, C, & Chávez, D. (2022). Educational robotics as a teaching and learning mathematics tool for primary education university students during the COVID-19 pandemic. *Formación universitaria*, 15(2), 151-162.  
<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062022000200151>
- Common Sense Education (Julio 12, 2016). What Is the SAMR Model? [YouTube].  
<https://www.YouTube.com/watch?v=9b5yvgKQdqE&t=170s>
- Corbin, J., & Strauss, A. (2014). *Basics of qualitative research: Techniques and procedures for developing grounded theory* (4th ed.). SAGE Publications, Inc.
- Creswell, J. (2008). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (3rd ed.). SAGE Publications, Inc.
- Creswell, J., & Guetterman, T. (2019). *Educational research: Planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research* (6th ed.). Pearson.
- Creswell, J., & Poth, C. (2018). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (4th ed.). Sage Publications, Inc.
- CSTA (2023). K–12 standards. <https://csteachers.org/k12standards/>
- Cuenca, A., Alvarez, M., Ontaneda, L, Ontaneda, E., Ontaneda, S. La Taxonomía de Bloom para la era digital: actividades digitales docentes en octavo, noveno y décimo grado de Educación General Básica (EGB) en la Habilidad de «Comprender». *Revista Espacios. Vol 42* (11). DOI: 10.48082/espacios-a21v42n11p02. <https://www.revistaespacios.com/a21v42n11/a21v42n11p02.pdf>
- Cyberbotics Robotics Simulation Services (2023). *Webots user guide*.  
<https://www.cyberbotics.com/doc/guide/aibo-ers7?version=cyberbotics:R2019a>
- Davis, R. (1986). *Biographical and cultural influences shaping the composition of Eduard C. Lindeman's "The meaning of adult education"*.  
<https://www.proquest.com/openview/38ae9723205ceb0f6b2e8ae4d53a7ae3/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>
- De Jesús, L., Carroll, J., Martínez, E., Meléndez, J., Pacheco, C. y Villa, L. (n.d.). *Proyecto Acervo digital de la historia de la Tecnología del Aprendizaje (1935- al presente)*. Departamento de Estudios Graduados de la Facultad de Educación.

Universidad de Puerto Rico Recinto de Río Piedras.  
<https://sites.google.com/upr.edu/acervo-digital-tecnologia/inicio>

- Departamento de Educación (2016). *Carta Circular núm. 038-2021-2022*. Gobierno de Puerto Rico. Departamento de Educación.  
<https://intraedu.dde.pr/Cartas%20Circulares/CARTA%20CIRCULAR%20NUM.%2038-2021-2022-FIRMADO.pdf>
- Dewey, J. (1938). *Experience & Education*. <https://www.schoolofeducators.com/wp-content/uploads/2011/12/EXPERIENCE-EDUCATION-JOHN-DEWEY.pdf>
- Díaz Barriga, F. (2003). Cognición situada y estrategias para el aprendizaje significativo. *Revista electrónica de investigación educativa*, 5(2), 1-13. Recuperado en 04 de agosto de 2024, de  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1607-40412003000200011&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1607-40412003000200011&lng=es&tlng=es).
- Domènech, J. (2018). Aprendizaje Basado en Proyectos en el marco *STEM*. Componentes didácticas para la Competencia Científica. *Revista de Educación Científica Ápice*, 2(2), 2018.  
[https://revistas.udc.es/index.php/apice/article/view/arec.2018.2.2.4524/g4524\\_pdf](https://revistas.udc.es/index.php/apice/article/view/arec.2018.2.2.4524/g4524_pdf)
- Downes, S. (2010). New technology supporting informal learning. *Journal of Emerging Technologies in Web Intelligence*, 2(1), 27-33. doi:10.4304/jetwi.2.1.27-33.  
<http://www.jetwi.us/index.php?m=content&c=index&a=show&catid=163&id=948>
- Duque, H. y Aristizábal, E. (2019). Análisis fenomenológico interpretativo: Una guía metodológica para su uso en la investigación cualitativa en psicología. *Pensando Psicología*, 15(25), 1-24. doi: <https://doi.org/10.16925/2382-3984.2019.01.03>
- Eleizalde, M., Parra, N., Palomino, C., Reyna, A., & Trujillo, I. (2010). Aprendizaje por descubrimiento y su eficacia en la enseñanza de la Biotecnología. *Revista de Investigación*, (71), 271-290.
- Fernández, N. (2011). Promoción del cambio de estilos de aprendizaje y motivaciones en estudiantes de educación superior mediante actividades de trabajo colaborativo en blended learning. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 14 (2), 189-208.
- Fernández, P. (2021). La importancia de la técnica de la entrevista en la investigación en comunicación y las ciencias sociales. Investigación documental. Ventajas y limitaciones. *Sintaxis*. doi: 10.36105/stx.2018n1.07.  
<https://revistas.anahuac.mx/sintaxis/article/view/979/1025>

- Franco, A. (2013). El uso de la tecnología: Determinación del tiempo que los jóvenes de entre 12 y 18 años dedican a los equipos tecnológicos. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia (RIED)*, 16(2), 107-125.  
<https://www.redalyc.org/pdf/3314/331429869005.pdf>
- Fuster, D. (2019). Investigación cualitativa: Método fenomenológico hermenéutico. *Propósitos y Representaciones*, 7(1), 201–229.  
<https://doi.org/10.20511/pyr2019.v7n1.267>
- Galván, E. (2022). *Marco de Competencias Digitales para la Ciudadanía DigComp 2.2. Competencias digitales europeas para alumnado que encuentra barreras en el aprendizaje*. Plena Inclusión España. <https://www.plenainclusion.org/wp-content/uploads/2022/10/Guia-Competencias-Digitales-Docentes-2022.pdf>
- Gobierno de los Estados Unidos (1979). *Informe Belmont*. Departamento de Salud. Principios y guías éticos para la protección de los sujetos humanos de investigación. Comisión nacional para la protección de los sujetos humanos de investigación biomédica y del comportamiento. <https://www.bioeticaWeb.com/el-informe-belmont-principios-y-guías-éticas-para-la-protección-de-los-sujetos-humanos-de-investigación-18-abril-1979/>
- González, B., Pérez, I., Zornoza A., & Orengo, V. (2023). Building sustainable virtual communities of practice: A study of the antecedents of intention to continue participating. *Sustainability*, 15(21), 15657. <https://doi.org/10.3390/su152115657>
- González, M., Flores, Y., & Muñoz, C. (2021). Panorama de la robótica educativa a favor del aprendizaje STEAM. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(2), 2301. doi:10.25267.  
<https://www.redalyc.org/journal/920/92065360002/html/>
- Google (2023). *Cómo celebrar videoconferencias con Google Meet*.  
[https://apps.Google.com/intl/en/intl/es\\_ALL/meet/how-it-works/](https://apps.Google.com/intl/en/intl/es_ALL/meet/how-it-works/)
- Gutiérrez, L. (2012). Conectivismo como teoría de aprendizaje: Conceptos, ideas, y posibles limitaciones. *Revista Educación y Tecnología*, (1), 111-122.  
file:///C:/Users/jeann/Downloads/Dialnet-ConectivismoComoTeoriaDeAprendizaje-4169414%20(1).pdf
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación* (4th ed.). México: McGraw-Hill.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación* (5th ed.). México: McGraw-Hill.

- ISTE. (2016). *Estándares ISTE para estudiantes*. [https://cdn.ISTE.org/www-root/Libraries/Documents%20%26%20Files/Standards-Resources/ISTE%20Standards\\_One-Sheets-Students\\_Bilingual.pdf](https://cdn.ISTE.org/www-root/Libraries/Documents%20%26%20Files/Standards-Resources/ISTE%20Standards_One-Sheets-Students_Bilingual.pdf)
- ISTE. (2017). *Estándares en TIC para docentes*. <https://eduteka.icesi.edu.co/articulos/estandares-iste-docentes-2017>
- Knowles, M. S. (1970). *The modern practice of adult education: Andragogy versus pedagogy*. Association Press.
- Knowles, M. S. (1988). *What is andragogy? The modern practice of adult education: From pedagogy to andragogy* (Rev. up. ed., pp. 40-59). Cambridge Book.
- Koehler, M. J., Mishra, P., & Cain, W. (2013). *¿Qué son los saberes tecnológicos y pedagógicos del contenido (TPACK)?* Virtualidad, Educación y Ciencia. <https://www.punyamishra.com/wp-content/uploads/2016/08/11552-30402-1-SM.pdf>
- Pinion Education*. (12 de enero de 2021). El vínculo docente-estudiante a distancia. *Pinion Tips*. <https://pinion.education/es/blog/vinculo-docente-estudiante-a-distancia/>
- Innovation First, Inc. (2020). *VEX PD+ Intro courses*. <https://pd.vex.com/training/intro-courses>
- Innovation First, Inc. (2020). *VEXcode VR Playground*. <https://vr.vex.com/>
- Kurt, S. (2023). *Connectivism Learning Theory*. Educational Technology. <https://educationaltechnology.net/connectivism-learning-theory/>
- Lucca, N., & Berríos, R. (2009). *Investigación cualitativa: Fundamentos, diseños y estrategias*. Ediciones SM.
- Mertens, D. M. (1998). *Research methods in education and psychology: Integrating diversity with quantitative and qualitative approaches*. Sage Publications, Inc.
- Mertens, D. M. (2015). *Research and evaluation in education and psychology: Integrating diversity with quantitative, qualitative, and mixed methods* (4th ed.). Sage Publications, Inc.
- Miao, J., & Ma, L. (2022). Students' online interaction, self-regulation, and learning engagement in higher education: The importance of social presence to online learning. *Frontiers in Psychology*, (13). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.815220>

- Misheva, G. (2021). *DigComp: The EU digital competence framework*. [Digital Skills & Jobs Platform]. <https://digital-skills-jobs.europa.eu/en/actions/european-initiatives/digital-competence-framework-DigComp>
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054.
- Moreno, J. (2022, May 17). *DigComp 2.2 Marco de competencias digitales para la ciudadanía*. Asociación. <https://somos-digital.org/DigComp/>
- Navas, E. (2013). Los entornos personales de aprendizaje en el marco de la educación permanente. *EDMETIC, Revista de Educación Mediática y TIC*, 2(1), 94-110. [https://www.researchgate.net/publication/317146026\\_Los\\_entornos\\_personales\\_de\\_aprendizaje\\_en\\_el\\_marco\\_de\\_la\\_educacion\\_permanente](https://www.researchgate.net/publication/317146026_Los_entornos_personales_de_aprendizaje_en_el_marco_de_la_educacion_permanente)
- Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología. (17 de mayo de 2022). Glosario: Conoce los distintos enfoques de *STEM*. *Educación STEM Latinoamérica*. <https://educacion.STEM.siemens-stiftung.org/glosario-conoce-los-distintos-enfoques-de-STEM/>
- Ordaz, O. (julio 2021). Uso del Simulador en Clases de Robótica para Crear Ambientes Virtuales de Aprendizaje. *Coloquio Interinstitucional de Docentes 12º*. Coloquio – 2021. <https://hdl.handle.net/20.500.11777/4926>
- Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI). (2020). Miradas sobre la educación en Iberoamérica 2020. Competencias para el siglo XXI en Iberoamérica. *Informe Miradas*. <https://oei.int/publicaciones/informe-miradas-2020-2>
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic Books. <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.5555/1095592>
- Papert, S. (1999). *Eight big ideas behind the constructionist learning lab*. <https://stager.org/articles/8bigideas.pdf>
- Papert, S., & Harel, I. (1991). *Situar el construccionismo*. [https://Web.media.mit.edu/~calla/Web\\_comunidad/Readings/situar\\_el\\_construccionismo.pdf](https://Web.media.mit.edu/~calla/Web_comunidad/Readings/situar_el_construccionismo.pdf)
- Pellegrino, J., & Hilton, M. (2012). Education for life and work: Developing transferable knowledge and skills in the 21st century. *The National Academies Press*. <https://nap.nationalacademies.org/read/13398/chapter/1#xiii>
- Penkova, S. (2015). *Ética e integridad en la investigación* [Diapositiva de PowerPoint]. Centro para la Excelencia Académica. <http://cea.uprrp.edu/wp->

content/uploads/2015/09/%C3%89tica-e-integridad-en-la-investigaci%C3%B3n.pdf

- Piaget, J. (1977). *The development of thought: Equilibration of cognitive structures*. Viking Press.
- Pietkiewicz, I., & Smith, J. (2015). A practical guide to using interpretative phenomenological analysis in qualitative research psychology. *Czasopismo Psychologiczne Psychological Journal*. doi: 10.14691/CPJ.20.1.7. [https://www.researchgate.net/publication/263767248\\_A\\_practical\\_guide\\_to\\_using\\_Interpretative\\_Phenomenological\\_Analysis\\_in\\_qualitative\\_research\\_psychology](https://www.researchgate.net/publication/263767248_A_practical_guide_to_using_Interpretative_Phenomenological_Analysis_in_qualitative_research_psychology)
- Pozuelo, J., Martín, J., Carrasquer, B., & Cascarosa, E. (2023). Percepciones del profesorado ante el uso de simuladores virtuales en el aula de ciencias. *Revista Interuniversitaria De Formación Del Profesorado. Continuación De La Antigua Revista De Escuelas Normales*, 98(37.2). <https://doi.org/10.47553/rifop.v98i37.2.95842>
- Prendes, M., Solano I., & Sánchez, M. (junio 2023). Tecnologías y pedagogía para la enseñanza STEM. *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*. <https://teyet-revista.info.unlp.edu.ar/TEyET/article/view/2324/1831>
- Puentedura, R. (2014). *SAMR and Bloom's Taxonomy: Assembling the puzzle*. <https://www.commonsense.org/education/articles/SAMR-and-blooms-taxonomy-assembling-the-puzzle>
- Redlate (2020). *Constructores de conocimiento: Papert y su visión*. <https://redlate.net/wp-content/uploads/2020/02/papert-red-late.pdf>
- Reyna, V., Lescano, G., & Boy, A. (2022). El Conectivismo en el aprendizaje en línea empoderando las competencias. *Revista de Investigación Científica y Tecnológica Alpha Centauri*. file:///C:/Users/jeann/Downloads/Dialnet-ElConectivismoEnElAprendizajeEnLineaEmpoderandoLas-8510545.pdf
- Rojas, G. y Gras, M. (2023). *EDUCACIÓN STEM Y SU APLICACIÓN: Una estrategia inclusiva, sostenible y universal para preescolar y primaria*. [https://www.movimientoSTEM.org/wp-content/uploads/2023/08/Educacion-STEM-y-su-aplicacion-\\_preescolar-y-primaria.pdf](https://www.movimientoSTEM.org/wp-content/uploads/2023/08/Educacion-STEM-y-su-aplicacion-_preescolar-y-primaria.pdf)
- Rosales, A., Cuenca, K., Morocho, H. & Tapia, S. (2023). El uso de simuladores en línea para la enseñanza de la física: una herramienta educativa efectiva. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*. Mayo-Junio, 2023, Volumen 7, Número 3. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i3.6291](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i3.6291)



- Salinas, J., & Ayala, J. (2017). Uso de simuladores en el aula para favorecer la construcción de modelos mentales. *EDUcación y TECnología: Una mirada desde la Investigación e Innovación*.  
<https://www.researchgate.net/publication/322643658>
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: A conception of teacher knowledge. *American Educator*, 10(1), 9-15, 43-44 (EJ333816)
- Siemens, G. (2005). Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age. *International Journal of Instructional Technology & Distance Learning*.  
[https://www.itdl.org/Journal/Jan\\_05/index.htm](https://www.itdl.org/Journal/Jan_05/index.htm)
- Siemens, G. (2011). Conectivismo: una teoría de aprendizaje para la era digital. En Aparici, R. (Coord.). *Conectados en el ciberespacio*. Madrid: UNED, pp. 77-90.
- Stager, G. (2006). *An investigation of constructionism in the Maine youth center*, in Department of Education 2006, The University of Melbourne: Melbourne.
- Stake, R. E. (1999). *Investigación con estudio de casos* (2nd ed.). Morata, S. L.
- Taylor, S. J., Bogdan, R. (2015). *Introduction to Qualitative Research Methods: A Guidebook and Resource*. p. 113-130. John Wiley & Sons, Incorporated, 2015. ProQuest Ebook Central, <https://ebookcentral.proquest.com/lib/uprrp-ebooks/detail.action?docID=7104054>.
- Torras, A., Lope, S., & Carrió, M. (2021). El aprendizaje basado en proyectos en el ámbito STEM: Conceptualización por parte del profesorado. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 20(2), 359-380.  
[http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen20/REEC\\_20\\_3\\_2\\_ex1841\\_591.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen20/REEC_20_3_2_ex1841_591.pdf)
- Thornburg, D. (2023). *Gary Stager*. [Online]. <http://cmkfutures.com/gary/>
- Trujillo Flórez, L. M. (2022). Competencias digitales para el siglo XXI: Una visión desde la ciudadanía digital. *PANORAMA*, 16(31).  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=343971615024>
- Universidad Internacional de La Rioja. (2024). *Educación STEM: Qué es y qué enfoque tiene*. [UNIR La Universidad en Internet. <https://ecuador.unir.net/actualidad-unir/educacion-STEM/>]
- Van Manen, M. (2003). *Investigación educativa y experiencia vivida. Ciencia humana para una pedagogía de la acción y de la sensibilidad*. Idea Books.  
<https://www.calameo.com/read/005857547f20462a0e0c6>

- Vásconez, C., & Inga, E. (2021). El modelo de aprendizaje *TPACK* y su impacto en la innovación educativa desde un análisis bibliométrico. *INNOVA Research Journal*, 6(3), 79-97. <https://doi.org/10.33890/innova.v6.n3.2021.1773>
- Vidal, T., Rudecindo, L., & Úrsula, B. (2022) Nivel de percepción de la robótica educativa en una universidad peruana. *Revista de Investigación y Ciencias Sociales ACADEMO*. <https://doi.org/10.30545/academo.2022.ene-jun.6>
- Vincze, A. (2022). *Gear Generator*. <https://geargenerator.com/>
- Wing, J. (2010). *Computational thinking: What and why?*  
<http://www.cs.cmu.edu/~CompThink/resources/TheLinkWing.pdf>
- Yturralde, E. (2013). *Andragogía: Educación del ser humano en la etapa adulta*.  
<https://andragogia.net/andragogia.html>

**APÉNDICE A**  
**CERTIFICADO DE CITI PROGRAM**



Completion Date 19-Aug-2022  
Expiration Date 18-Aug-2027  
Record ID 41092053

This is to certify that:

**Jeannette Milland-Vigio**

Has completed the following CITI Program course:

**Investigaciones psicológicas, sociales o educativas**  
(Curriculum Group)  
**Investigaciones psicológicas, sociales o educativas**  
(Course Learner Group)  
**1 - Stage 1**  
(Stage)

Under requirements set by:

**Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras**

Not valid for renewal of  
certification through CME.



Collaborative Institutional Training Initiative

Verify at [www.citiprogram.org/verify/?w801ad7aa-7cd5-4df1-8a4d-57fd4837e3a2-41092053](http://www.citiprogram.org/verify/?w801ad7aa-7cd5-4df1-8a4d-57fd4837e3a2-41092053)

**APÉNDICE B**

**AUTORIZACIÓN DEL CIPSHI DEL PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN**

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.uprrp.edu/cipshi>

### AUTORIZACIÓN DEL PROTOCOLO

**Número del protocolo:** 2324-113

**Título del protocolo:** Experiencia de docentes en un curso con enfoque STEM utilizando simuladores para la enseñanza de Robótica

**Investigadora:** Jeannette Milland Vigio

**Tipo de revisión:**  Inicial  Renovación

**Evaluación:**  Comité en pleno  
 Revisión expedita:  
Categoría(s) de exención 45 CFR §46.104(d): 2 (iii)

**Fecha de la autorización:** 1 de abril de 2024

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

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

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

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



Aida Jiménez Torres, Ph.D.  
Presidenta del CIPSHI o  
representante autorizado

**APÉNDICE C**

**HOJA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO**

# Experiencia de docentes en un curso con enfoque STEM utilizando simuladores para la enseñanza de Robótica

## Hoja de consentimiento informado

(Versión: 21 de marzo de 2024)

(Formulario en línea)

### Descripción

¡Saludos! Por este medio se le invita a participar de la investigación Experiencia de docentes en un curso con enfoque STEM utilizando simuladores para la enseñanza de Robótica. Esta investigación es realizada por Jeannette Milland Vigio, estudiante del Programa doctoral en Educación en Currículo y Enseñanza en la Subespecialidad de Tecnología del Aprendizaje de la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras. El propósito de esta investigación es indagar cómo fue la experiencia con el curso de Automatización y Robótica de la Certificación STEM-PBL y al transferir la experiencia de aprendizaje al salón de clases utilizando los simuladores con sus estudiantes durante el año escolar 2022-2023.

Usted es invitado(a) para participar en esta investigación dado que tomó durante el año 2022, el curso de Automatización y Robótica con enfoque STEM que forma parte de la Certificación STEM PBL. Este curso fue ofrecido por la profesora Jeannette Milland Vigio, investigadora principal en este estudio. Además, para participar en esta investigación se requiere que haya intentado transferir la experiencia de aprendizaje a su salón de clases utilizando algún simulador durante el año 2022-2023. Se espera que participen en esta investigación aproximadamente 6 personas.

Si acepta participar en esta investigación se le solicitará autorización para examinar el video inicial de presentación en el cual dialoga sobre experiencias con robótica previas al curso y el portafolio virtual que contiene los trabajos realizados en el curso y sus reflexiones con respecto a estos. La información del video y del portafolio será revisada como parte de la investigación. Además, se le solicitará la información de contacto y horario de su preferencia para coordinar una entrevista con el propósito de conocer sobre su experiencia con el curso y al transferir el conocimiento adquirido a su sala de clases. La entrevista tomará entre 60 y 90 minutos y será realizada dentro de la plataforma Google Meet donde será transcrita en tiempo real utilizando la extensión Tactiq. El video de la entrevista será grabado para verificar que la transcripción que realice Tactiq esté completa y sea fiel a lo que usted compartió. Luego de revisada la transcripción, la grabación en video de la entrevista será borrada. Además, la transcripción de su entrevista será compartida con usted para su obtener su aprobación de que contiene lo que deseaba compartir. De no recibirse comentarios dentro de una semana, la transcripción se tomará por correcta. Finalmente, es necesario indicar que se puede contactar para ser entrevistado en una segunda ocasión para aclarar algún detalle que se entienda beneficiaría en la comprensión del uso de los simuladores para la enseñanza de la robótica.

### Riesgos y beneficios



Los riesgos asociados a este estudio son mínimos. Estos pueden ser cansancio debido a la extensión de la entrevista o incomodidad ante alguna pregunta. Si siente cansancio, puede solicitar una pausa para tomar un descanso o coordinar con la investigadora para continuar la entrevista en otro momento. En caso de sentirse incómodo (a) con alguna pregunta, puede decidir no contestarla o decidir no continuar participando en la investigación, sin ninguna penalidad.

Esta investigación no conlleva beneficios directos para el(la) participante. Esta investigación se desarrolla con un fin académico. Se espera que los resultados de este estudio contribuyan a mejorar y potenciar la enseñanza de robótica aun cuando no se cuente con equipos físicos para su enseñanza.

### **Confidencialidad**

La identidad del participante será protegida. La investigadora Jeannette Milland Vigio y el Dr. Víctor E. Bonilla Rodríguez, director de disertación, serán los únicos con acceso a los datos crudos o identificables. La publicación de los resultados consistirá en el análisis de la información provista por la/el participante, la cual será codificada y comparada con las entrevistas de otros participantes para llegar a conclusiones sobre la efectividad de los simuladores en la enseñanza de Robótica. Por ser esta una investigación cualitativa, los informes de resultados contendrán citas directas de los y las participantes. Para referirse a lo que compartió una persona se usará un pseudónimo (por ejemplo, participante A1, participante A2, etc.). Además, se eliminarán expresiones particulares del uso del lenguaje que pudiesen identificar a una persona.

Los archivos digitales desarrollados durante la investigación (información de contacto, anotaciones del video de presentación, anotaciones de los portafolios y transcripción de la entrevista) serán almacenados en una memoria portátil y en Google Drive. Luego de concluida la investigación, la investigadora conservará estos archivos digitales bajo llave o con contraseña (Google Drive) por 3 años. Al finalizar los tres años, la unidad de memoria será borrada y re formateada, y los documentos de Google Drive serán borrados. Dado que este estudio utiliza la computadora como medio para recopilar datos es preciso indicarle que: la información que maneje en la computadora que utilice puede ser intervenida o revisada por terceras personas. Estas personas podrían tener acceso legítimo o ilegítimo a la computadora y su contenido como un familiar, patrono, intrusos o piratas informáticos ("hackers"), etc. Además, en la computadora que utilice puede quedar registro de la información que acceda o envíe por Internet. Oficiales del Recinto de Río Piedras de la Universidad de Puerto Rico o de agencias federales responsables de velar por la integridad en la investigación podrían requerir a la investigadora los datos obtenidos en este estudio.

### **Incentivos**

Usted no recibirá ningún tipo de incentivo por su participación.

### **Derechos**

Si ha leído este documento y ha decidido participar, por favor entienda que su participación es completamente voluntaria y que usted tiene derecho a abstenerse de participar o retirarse del estudio en cualquier momento, sin ninguna penalidad. También tiene derecho a no contestar alguna pregunta en particular. Usted tiene derecho a tener copia de este documento, por lo que le exhorto a que guarde el mismo en su computadora o lo imprima.

Si tiene alguna pregunta o desea más información sobre esta investigación, por favor comuníquese con la investigadora principal, Jeannette Milland Vigio al correo electrónico [jeannette.milland@upr.edu](mailto:jeannette.milland@upr.edu), o llamando al teléfono (787) 602-1099. Además, puede comunicarse con el director del Comité de Disertación Dr. Víctor E. Bonilla Rodríguez al teléfono (787) 764-0000, ext. 89243 o a [victor.bonilla3@upr.edu](mailto:victor.bonilla3@upr.edu) De tener alguna pregunta sobre sus derechos como participante o 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, ext. 86773 o a [cipshi.degi@upr.edu](mailto:cipshi.degi@upr.edu).

Al marcar "Sí, acepto", accede voluntariamente a participar de esta investigación, luego de leer el contenido de esta Hoja de Consentimiento Informado y tener la posibilidad de comunicarse con la investigadora principal para clarificar cualquier asunto de la investigación y su participación.

Al seleccionar "Sí acepto", procederá a continuar llenando la información solicitada en este cuestionario incluyendo su nombre, correo que dese utilizar para comunicarse con la investigadora, Cohorte en el que tomó el curso, y preferencia de días y horarios para llevar a cabo la entrevista.

De no desear participar, favor marque "No acepto" para salir del documento y luego cierre la aplicación que utiliza para ver páginas web (e.g., Chrome, Edge, [FireFox](#)).

\* [Indicates required question](#)

Si leyó la Hoja de Consentimiento Informado y está de acuerdo en participar \*  
marque [Acepto](#).

*Mark only one oval.*

Acepto

No acepto [Skip to section 3](#) (Muchas gracias por su interés en participar.)

1. Nombre y apellidos

---

2. Indique la cuenta de correo electrónico (email) con el que desea ser contactado.

---

3. Indique número de teléfono al que podamos contactarlo.

---

4. Indique la Cohorte con la que tomó la Certificación STEM PBL \*

Mark only one oval.

Fase 1

Fase 2

5. Indique horario de disponibilidad para entrevistarle \*

Se espera que la entrevista tome entre 60 y 90 minutos. Agraderé que indique el horario de preferencia donde pueda conectarse a una computadora y responder a algunas preguntas de la investigación. **Selecciones todas las alternativas que le acomoden.**

Check all that apply.

	9:00- 10:00AM ( <u>Sábados</u> )	10- 11:00AM ( <u>Sábados</u> )	4:00- 5:00PM	6:00- 7:00PM	7:00- 8:00PM
Lunes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<u>Marrttes</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<u>Miércoles</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<u>Jueves</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<u>Viernes</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sábado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Gracias por compartir su información de contacto para coordinar la entrevista. Estaré contactándole pronto.

Muchas gracias por su interés en participar.

This content is neither created nor endorsed by Google.



**APÉNDICE D**  
**ENDOSO DECEP**



Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras

19 de marzo de 2024

Myriam L. Vélez Galván, MA  
 Oficial de Cumplimiento  
 Decanato de Estudios Graduados e Investigación  
 Comité Institucional para la Protección de los Seres Humanos en la Investigación (CIPSHI)  
 Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras

RE: ENDOSO A LA ESTUDIANTE DOCTORAL JEANNETTE MILLAND VIGIO PROTOCOLO #2324-113


Estimada Sra. Vélez Galván,

Por la presente, me dirijo a usted en calidad de directora ejecutiva de la División de Educación Continua de Estudios Profesionales (DECEP) de la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras, bajo la cual se administró, en 2022, la Certificación STEM-PBL ofrecida a los maestros del Departamento de Educación de Puerto Rico, dentro del Proyecto Impulso PADE UPR.

Es un placer para mí endosar formalmente a la profesora Jeannette Milland Vigio para proceder con el contacto de los maestros del Departamento de Educación que estuvieron matriculados en la Certificación STEM-PBL en el año 2022. La profesora Milland Vigio fue responsable de impartir los cursos de Automatización y Robótica con enfoque STEM, así como el curso de Tecnologías del Aprendizaje dentro de dicha certificación.

La razón principal de este endoso es facilitar la realización de entrevistas con los mencionados maestros, entrevistas que son necesarias para completar la tesis de disertación doctoral de la profesora Milland Vigio. Su investigación se titula "*Experiencia de docentes en un curso con enfoque STEM utilizando simuladores para la enseñanza de Robótica*" cuyo número de protocolo es #2324-113, y tiene como objetivo contribuir al avance del conocimiento en el campo de la educación STEM.

 20 Ave. Universidad  
 Ste 2001  
 San Juan PR 00925-2514

 787.763.7480  
 787.763.4240  
 787.763.4122

 [decep.upr](https://www.facebook.com/decep.upr)  
 [UprrpDecep](https://twitter.com/UprrpDecep)  
 [decep.iupi](https://www.instagram.com/decep.iupi)

Patrono con Igualdad de Oportunidades en el Empleo  
 M/M/V/I

Myriam L. Vélez Galván, MA  
19 de marzo de 2024  
Página 2

Agradezco de antemano la colaboración que pueda brindar en este proceso. Quedo a su disposición para cualquier aclaración adicional que pudiera necesitar.

Atentamente,



Sra. Aurora M. Sotrográs Saldaña  
Directora Ejecutiva  
División de Educación Continua de Estudios Profesionales (DECEP)  
Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras

**APÉNDICE E**  
**LIBRO DE CÓDIGOS GENERADO POR NVIVO**



Libro de códigos generado por *NVivo*

Name	Description	Files	References
A1 Oportunidad	A1 Categoría Oportunidad Eje Temático A. Motivación para la Certificación <i>STEM PBL</i> .	6	6
A1.1 Cómo se enteró de la certificación	A1.1 Cómo se enteró de la certificación	6	6
A2 Objetivos personales y profesionales	A2 Objetivos personales y profesionales	5	15
A2.1 Expectativas de aprendizaje	A2.1 Expectativas de aprendizaje	2	3
A2.2 Aspiraciones Robótica	A2.2 Aspiraciones para la integración de la robótica en su práctica docente	1	1
A2.3 Alineación Curricular	A2.3 Alineación con sus intereses profesionales o necesidades del currículo.	2	3
A2.4 Carreras <i>STEM</i>	A2.4 Carreras <i>STEM</i>	2	2
A2.5 Motivación	2.5 Factores que lo motivaron a participar.	4	6
B1 Compet Previas Dig, Robot y Preparación Académica	B1 Competencias Digitales y Conocimientos Previos	6	26
B1.1 Dominio de herramientas digitales	B1.1 Nivel de dominio de herramientas digitales	2	2
B1.2 Experiencia previa TdA	B1.2 Experiencia previa con tecnologías educativas.	3	3
B1.3 No EXP Programación	B1.3 No EXP Programación	4	7
B1.4 Sentimientos de frustración por Falta de conocimiento	B1.4 Sentimientos de frustración por Falta de conocimiento	1	1
B1.5 Exp previa ens robótica	B1.5 Experiencia previa con la enseñanza de robótica.	3	4

Name	Description	Files	References
B1.6 Fam princip robótica	B1.6 Familiaridad con conceptos y principios de robótica.	3	3
B1.7 Usa Rec-Mat Robótica	B1.7 Conocimiento de recursos y materiales relacionados con la robótica.	3	3
B1.8 No exp Robótica	B1.8 No tenía conocimientos previos en Robótica	3	3
B2. Preparación Académica	B2. Preparación Académica	3	4
B2.1 Preparación Académica	B2.1 Preparación Académica	3	4
C1 Expectativas iniciales	Eje Temático Percepción sobre la viabilidad del curso a distancia C1 Expectativas iniciales	6	6
C1.1 Viabilidad Robótica a distancia y sin equipos	C1.1 Viabilidad Robótica a distancia y sin equipos	6	6
C2 Influencia de los simuladores	C2 Influencia de los simuladores	6	27
C2.1 Cómo los simuladores cambiaron su percepción viabilidad curso a distancia.	C2.1 Cómo los simuladores cambiaron su percepción sobre la viabilidad del curso a distancia.	1	1
C2.2 Valoración de la experiencia de aprendizaje virtual	C2.2 Valoración de la experiencia de aprendizaje virtual.	3	5
C2.3 Cómo los simuladores facilitaron la comprensión de conceptos y procesos de robótica.	C2.3 Cómo los simuladores facilitaron la comprensión de conceptos y procesos de robótica.	5	10
C2.4 Percepción de la efectividad de los simuladores para el aprendizaje.	C2.4 Percepción de la efectividad de los simuladores para el aprendizaje.	4	9

Name	Description	Files	References
C2.5 Reduce riesgos de pérdidas de equipos	C2.5 Reduce riesgos de pérdidas de equipos	1	1
C2.6 Limitaciones de los simuladores	C2.6 Limitaciones de los simuladores	1	1
D1 Percepción de su capacidad para transferir el aprendizaje	D1 Percepción de su capacidad para transferir el aprendizaje Eje Temático D Autoconfianza para la Transferencia	6	25
D.1 Confianza en sus habilidades para integrar la robótica en su práctica docente	D1.1 Confianza en sus habilidades para integrar la robótica en su práctica docente.	6	10
D1.2 Importancia de Arriesgarse	D1.2 Importancia de Arriesgarse	1	2
D1.3 Equivocarse es parte del aprendizaje	D1.3 Equivocarse es parte del aprendizaje	1	2
D1.4 No tuvo temor	D1.4 No tuvo temor	1	1
D1.5 Es importante no tener miedo	D1.5 Es importante no tener miedo	1	2
D1.6 Actividades o proyectos con estudiantes	D1.6 Actividades o proyectos con estudiantes como Exposiciones, Ferias escolares, Competencias donde hayan integrado con sus estudiantes lo aprendido en clase.	2	2
D1.7 Pudo crear materiales a raíz de la experiencia	D1.7 Pudo crear materiales a raíz de la experiencia	2	2
D1.8 Cuenta con equipos físicos	D1.8 Cuenta con equipos físicos	2	2
D1.9 Se sentía preparado para transferir el conocimiento	D1.9 Se sentía preparado para transferir el conocimiento	2	2

Name	Description	Files	References
D2 Colaboración entre pares	D2 Colaboración entre pares	1	1
D2.1 Apoyo recibido de compañeros durante el curso.	D2.1 Apoyo recibido de compañeros durante el curso.	1	1
E1 Integración curricular	E1 Integración curricular Eje Temático E. Experiencia de Transferencia a la Práctica Docente	6	20
E1.1 Curso o materia en la que integró la robótica	E1.1 Curso o materia en la que integró la robótica.	6	8
E1.2 Alineación de la robótica con los objetivos curriculares y estándares de aprendizaje	E1.2 Alineación de la robótica con los objetivos curriculares y estándares de aprendizaje	2	3
E1.3 Innovación curricular	E1.3 Innovación curricular	3	5
E1.4 Los simuladores se deben promover en la preparación del maestro	E1.4 Los simuladores se deben promover en la preparación del maestro	1	2
E1.5 Promover integración de la robótica y <i>STEM</i> en la educación	E1.5 Promover integración de la robótica y <i>STEM</i> en la educación	2	2
E2 Uso de simuladores en el aula	E2 Uso de simuladores en el aula Eje Temático F. Experiencia de Transferencia a la Práctica Docente	6	31
E2.1 Útiles para evitar pérdidas con equipos físicos	E2.1 Útiles para evitar pérdidas con equipos físicos	1	4
E2.10 Complementar con lo físico	E2.10 Recomendaciones sobre complementar con lo físico	1	1

Name	Description	Files	References
E2.2 Percepción efectividad estudiantes	E2.2 Percepción de la efectividad de los simuladores para el aprendizaje de los estudiantes	4	15
E2.3 Facilidad de uso	E2.3 Los simuladores son fáciles de usar	1	1
E2.4 Ayudan a los estudiantes a agilizar su pensamiento y planificar	E2.4 Ayudan a los estudiantes a agilizar su pensamiento y planificar	1	1
E2.5 Una forma virtual de ver la realidad	E2.5 Una forma virtual de ver la realidad	1	1
E2.6 Los simuladores ayudan estudiantes con problemas de motor fino	E2.6 Los simuladores ayudan estudiantes con problemas de motor fino	1	2
E2.7 Permiten exploración	E2.7 Permiten al maestro explorar y practica	1	1
E2.8 Facilitan enseñanza y el aprendizaje	E2.8 Los simuladores facilitan la enseñanza y el aprendizaje	2	2
E2.9 Motivan a los estudiantes	E2.9 Motivan a los estudiantes	2	3
E3 Percepción de éxito	E3 Percepción de éxito Eje Temático F. Experiencia de Transferencia a la Práctica Docente	5	7
E3.1 Evaluación personal sobre la transferencia de la experiencia a la práctica docente	E3.1 Evaluación personal sobre la transferencia de la experiencia a la práctica docente	4	5
E3.2 Evidencias de aprendizaje y participación de los estudiantes	E3.2 Evidencias de aprendizaje y participación de los estudiantes	2	2

Name	Description	Files	References
E4 Retos y dificultades (Estas son emergentes)	E4 Retos y dificultades (Estas son emergentes) Eje Temático F. Experiencia de Transferencia a la Práctica Docente	4	15
E4.5 Necesidades adicionales de apoyo para la transferencia efectiva	E4.5 Necesidades adicionales de apoyo para la transferencia efectiva	1	1
E4.1 Retos Departamento de Educación	E4.1 Retos Departamento de Educación	1	3
E4.2 Retos Infraestructura de la escuela	E4.2 Retos Infraestructura de la escuela	1	2
E4.3 Retos Comunidad Escolar (Administración, Padres)	E4.3 Retos Comunidad Escolar (Administración, Padres)	1	1
E4.4 Tienen que costear sus equipos	E4.4 Tienen que costear sus equipos	4	4
E4.6 No cuenta con <i>kits</i> de robótica	E4.6 No cuenta con <i>kits</i> de robótica	3	4
F1 Evaluación calidad del curso <i>STEM</i> 6004	F1 Evaluación calidad curso <i>STEM</i> 6004	6	40
F1.1 Mejoras recomendadas para el curso	F1.1 Mejoras recomendadas para el curso	1	2
F1.10 Instrucciones del curso efectivas	F1.10 Instrucciones del curso efectivas	1	1
F1.11 Motivación proporcionada en el curso	F1.11 Motivación proporcionada en el curso	1	2
F1.12 Calidad de recursos visuales proporcionados	F1.12 Calidad de recursos visuales proporcionados	1	1

Name	Description	Files	References
F1.13 Recursos, aplicaciones y plataformas utilizadas son efectivas	F1.13 Recursos, aplicaciones y plataformas utilizadas son efectivas	1	1
F1.14 Contenido completo y satisfactorio	F1.14 Contenido completo y satisfactorio	2	3
F1.15 Experiencia enriquecedora	F1.15 Experiencia enriquecedora	1	1
F1.16 Recomendación de combinar con presencialidad	F1.16 Recomendación de combinar con presencialidad	1	1
F1.2 Añadir segunda parte	F1.2 Añadir segunda parte	2	2
F1.3 Cada maestro debiera tener un <i>kit</i> de robótica para ir a lo concreto	F1.3 Cada maestro debiera tener un <i>kit</i> de robótica para ir a lo concreto	1	1
F1.4 Percepción de éxito <i>STEM</i> 6004	F1.4 Percepción de éxito <i>STEM</i> 6004	3	11
F1.5 Apoyo de la profesora (Tutorías, Troubleshooting, Horas de oficina virtuales)	F1.5 Apoyo de la profesora (Tutorías, Troubleshooting, Horas de oficina virtuales)	1	1
F1.6 Debiera extenderse		1	2
F1.7 Siente emoción y gratitud	F1.7 Siente emoción y gratitud	1	1
F1.8 Usa Materiales del curso en sus clases	F1.8 Usa Materiales del curso en sus clases	3	4
F1.9 Curso efectivo	F1.9 Curso efectivo	2	6

## RESUMEN BIOGRÁFICO DE LA AUTORA

Jeannette Milland Vigio, nació en San Juan, Puerto Rico. En 2001 completó un Bachillerato en Ciencias Naturales (BA) en la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras con casi todos los requisitos de la concentración de Matemáticas Aplicadas, hoy conocido como Ciencias de Cómputos. Además, decidió tomar los cursos básicos de la Facultad de Educación por si algún día se convertía en maestra. Estos cursos le permitieron desempeñarse como Programadora, Gerente de Sistemas y Coordinadora de Programas de Computadoras para diversas compañías. En 2007 completó una Maestría en Gerencia de Tecnología (MBA TGMT) lo cual le dio el aval para trabajar con compañías que ofrecían talleres para maestros del Departamento de Educación. Esto le dio la oportunidad de diseñar nuevos contenidos y adiestrar a maestros en áreas como: Herramientas de Productividad para el docente, El Portafolio digital, Robótica *STEM* y El Docente del Siglo 21 como diseñador de Ambientes Virtuales de Aprendizaje. A la par, desde 2008 comenzó a servir como mentora de equipos de robótica teniendo la oportunidad de llevar a estudiantes a participar en competencias nacionales, latinoamericanas y mundiales. Esta experiencia fue clave para que en 2014 lograra unirse a la facultad de la Escuela Secundaria de la Universidad de Puerto Rico donde ya por una década lleva enseñando los cursos de Robótica, Programación de Computadoras, Fotografía Creativa y Principios de Ciencias de Cómputos en Dispositivos Móviles. Para cada uno de estos cursos cuenta con las certificaciones profesionales que verano tras verano tomó. En 2017 comenzó su doctorado en Currículo y Enseñanza con



subespecialidad en Tecnologías del Aprendizaje. Esto le brindó la oportunidad de enseñar algunos cursos de Tecnología a nivel subgraduado. Además, desde 2019 ha trabajado en varios proyectos con la División de Educación Continua y Estudios Profesionales, tales como: el proyecto UPR estudia contigo donde coordinó la integración de Tecnologías del Aprendizaje y la Certificación *STEM PBL* de nivel graduado, donde rediseñó el curso de Automatización y Robótica con enfoque *STEM*. En 2022, facilitando por cuarta vez el curso es que surge la experiencia que motivó esta disertación doctoral.