



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, VINCULACIÓN Y  
POSGRADO  
DIRECCIÓN DE POSGRADO

Desarrollo de un Sistema de Asignación de Proyectos ABP en la Unidad  
Educativa Mario Oña Perdomo, San Gabriel, Usando Optimización  
Combinatoria y Análisis de Sensibilidad para Mejorar la Motivación y el  
Rendimiento Académico.

Trabajo de Titulación para optar al título de  
Magíster en Matemática Aplicada mención Matemática Computacional

AUTOR:

Lcdo. Coronado Ruiz, Cristian Antonio

TUTOR:

Ing. Radicelli García, Ciro Diego, PhD.

Riobamba, Ecuador. 2025

## **Declaración de Autoría y Cesión de Derechos**

Yo, **Cristian Antonio Coronado Ruiz**, con número único de identificación **100262032-4**, declaro y acepto ser responsable de las ideas, doctrinas, resultados y lineamientos alternativos realizados en el presente trabajo de titulación denominado: “Desarrollo de un sistema de asignación de proyectos ABP en la Unidad Educativa Mario Oña Perdomo, San Gabriel, usando optimización combinatoria y análisis de sensibilidad para mejorar la motivación y el rendimiento académico” previo a la obtención del grado de Magíster en Matemática Aplicada con mención en Matemática Computacional.

- Declaro que mi trabajo investigativo pertenece al patrimonio de la Universidad Nacional de Chimborazo de conformidad con lo establecido en el artículo 20 literal j de la Ley Orgánica de Educación Superior LOES.
- Autorizo a la Universidad Nacional de Chimborazo que pueda hacer uso del referido trabajo de titulación y a difundirlo como estime conveniente por cualquier medio conocido, y para que sea integrado en formato digital al Sistema de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor, dando cumplimiento de esta manera a lo estipulado en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior LOES.

Riobamba, 16 de septiembre de 2025

---

**Lcdo. Cristian Antonio Coronado Ruiz**

N.U.I. 100262032-4



Dirección de  
Posgrado  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN,  
VINCULACIÓN Y POSGRADO



## ACTA DE CULMINACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

En la ciudad de Riobamba, a los 15 días del mes de septiembre del año 2025, los miembros del Tribunal designado por la Comisión de Posgrado de la Universidad Nacional de Chimborazo, reunidos con el propósito de analizar y evaluar el Trabajo de Titulación bajo la modalidad Proyecto de titulación con componente investigación aplicada y/o desarrollo, CERTIFICAMOS lo siguiente:

Que, una vez revisado el trabajo titulado: **"DESARROLLO DE UN SISTEMA DE ASIGNACIÓN DE PROYECTOS ABP EN LA UNIDAD EDUCATIVA MARIO OÑA PERDOMO, SAN GABRIEL, USANDO OPTIMIZACIÓN COMBINATORIA Y ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD PARA MEJORAR LA MOTIVACIÓN Y EL RENDIMIENTO ACADÉMICO"**, perteneciente a la línea de investigación: **ingeniería informática**, presentado por el maestrante Coronado Ruiz Cristian Antonio, portador de la cédula de ciudadanía No1002620324, estudiante del programa de Maestría en **Matemática Aplicada con mención en Matemática Computacional**, se ha verificado que dicho trabajo cumple al 100% con los parámetros establecidos por la Dirección de Posgrado de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Es todo cuanto podemos certificar, en honor a la verdad y para los fines pertinentes.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:  
**CIRO DIEGO  
RADICELLI GARCIA**  
Validar únicamente con FirmaMC

PhD. Ciro Diego  
Radicelli García

**TUTOR**



Firmado electrónicamente por:  
**MARLON DANILO  
BASANTES VALVERDE**  
Validar únicamente con FirmaMC

PhD. Marlon Danilo  
Basantes Valverde

**MIEMBRO DEL  
TRIBUNAL 1**



Firmado electrónicamente por:  
**MANUEL ANTONIO  
MENESES FREIRE**  
Validar únicamente con FirmaMC

PhD. Manuel Antonio  
Meneses Freire

**MIEMBRO DEL  
TRIBUNAL 2**



Campus La Dolorosa  
Av. Eloy Alfaro y 10 de Agosto  
Teléfono (593-3) 373-0880, ext. 2002  
Riobamba - Ecuador

**Unach.edu.ec**  
*en movimiento*



Riobamba, 15 de septiembre de 2025

# CERTIFICADO

De mi consideración:

Yo **Ciro Diego Radicelli García**, certifico que **Coronado Ruiz Cristian Antonio** con cédula de identidad No. **1002620324** estudiante del programa de **Maestría en Matemática Aplicada con mención en Matemática Computacional**, cohorte **Cuarta** presentó su trabajo de titulación bajo la modalidad de Proyecto de titulación con componente de investigación aplicada/desarrollo denominado: **Desarrollo de un sistema de asignación de proyectos ABP en la Unidad Educativa Mario Oña Perdomo, San Gabriel, usando optimización combinatoria y análisis de sensibilidad para mejorar la motivación y el rendimiento académico**, el mismo que fue sometido al sistema de verificación de similitud de contenido COMPILATIO identificando el porcentaje de similitud del 1% en el texto y el porcentaje de similitud del 3% en inteligencia artificial.

Es todo en cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:  
**CIRO DIEGO  
RADICELLI GARCIA**

Verificar electrónicamente con el sistema:

Ciro Diego Radicelli García, PhD

CI: 1713535225

Adj.-

- Resultado del análisis de similitud (Compilatio)

### **Dedicatoria**

Con profundo amor y gratitud, dedico este trabajo a mi amada esposa, Silvia, quien ha sido mi mayor apoyo y fuente de inspiración. Su paciencia, comprensión y ánimo incondicional han sido el motor que me impulsó a seguir adelante en cada paso de este camino.

También lo dedico a mis adorados hijos, Dilan y Cristian, quienes llenan mi vida de alegría y propósito. Ustedes son mi razón para esforzarme cada día y luchar por un futuro mejor. Este logro es también de ustedes, porque su amor y presencia hacen que todo sea posible.

Con todo mi cariño,

Cristian Antonio

## **Agradecimiento**

Quiero comenzar expresando mi más profundo agradecimiento a mi amada esposa, Silvia, y a mis queridos hijos, Dilan y Cristian, por su amor incondicional, paciencia y apoyo durante todo este proceso. Sin su comprensión y ánimo constante, esta meta no habría sido posible. Ustedes son mi mayor inspiración y mi motor para seguir adelante en cada paso de este camino.

De manera especial, quiero agradecer al Ing. Ciro Diego Radicelli García, PhD, mi tutor, por su invaluable orientación, sabiduría y dedicación a lo largo de esta investigación. Su experiencia, rigor académico y disposición para resolver mis dudas fueron fundamentales para el desarrollo de este proyecto. Su compromiso con la excelencia y su capacidad para guiar con claridad y empatía marcaron una gran diferencia en este proceso.

También expreso mi gratitud al Distrito de Educación Montúfar-Bolívar por otorgarme la autorización necesaria para llevar a cabo este proyecto de investigación. Su confianza en mi trabajo ha sido fundamental para el éxito de esta iniciativa.

Así mismo, extiendo mi reconocimiento al equipo directivo, docentes, administrativos, estudiantes y personal de servicio de la Unidad Educativa Mario Oña Perdomo, quienes siempre me brindaron las facilidades necesarias para realizar esta investigación. Su colaboración desinteresada y su disposición para contribuir al éxito de este estudio han sido un ejemplo de profesionalismo y compromiso con la educación.

Finalmente, quiero agradecer a la Universidad Nacional de Chimborazo, por brindarme los conocimientos, herramientas y orientación necesarios para alcanzar este logro académico. Este proyecto no solo representa un esfuerzo personal, sino también el resultado del apoyo y acompañamiento de todas las personas mencionadas.

## Índice General

<b>Declaración de Autoría y Cesión de Derechos .....</b>	<b>ii</b>
<b>Acta de Culminación de Trabajo de Titulación.....</b>	<b>iii</b>
<b>Certificado de contenido de similitud.....</b>	<b>iv</b>
<b>Dedicatoria .....</b>	<b>v</b>
<b>Agradecimiento .....</b>	<b>vi</b>
<b>Índice General.....</b>	<b>vii</b>
<b>Índice de Tablas .....</b>	<b>xiii</b>
<b>Índice de Figuras.....</b>	<b>xv</b>
<b>Resumen .....</b>	<b>1</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>2</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>3</b>
<b>Capítulo 1 Generalidades .....</b>	<b>5</b>
1.1 Planteamiento del problema.....	5
1.2 Formulación del Problema.....	7
1.3 Justificación de la Investigación .....	8
1.4 Línea de Investigación.....	8
1.5 Importancia de la Motivación y el Rendimiento Académico .....	12
1.6 Necesidad de Optimización en la Asignación de Proyectos.....	12
1.7 Alineación con la Normativa Legal y Educativa .....	12
1.8 Impacto en la Comunidad Educativa.....	13
1.9 Contribución al Conocimiento y la Práctica Educativa.....	13
1.10 Replicabilidad y Escalabilidad: .....	13
1.11 Objetivos .....	14
1.12 Objetivo General.....	14
1.13 Objetivos Específicos.....	14

1.14	Relevancia y Aplicabilidad de la Propuesta.....	15
1.15	Relevancia .....	15
1.16	Aplicabilidad .....	16
<b>Capítulo 2 Estado del Arte y la Práctica .....</b>		<b>18</b>
2.1	Antecedentes Investigativos.....	18
2.2	Fundamentación Legal .....	23
2.3	Fundamentación Teórica .....	24
2.3.1	Aprendizaje Basado en Problemas (ABP).....	24
2.3.2	Optimización Combinatoria Aplicada a la Educación .....	30
2.3.3	Análisis de Sensibilidad en la Asignación de Recursos Académicos .....	48
2.3.4	Estudios previos sobre AS en educación.....	59
2.3.5	Conclusiones .....	63
<b>Capítulo 3 Diseño Metodológico.....</b>		<b>66</b>
3.1	Enfoque de la Investigación.....	66
3.1.1	Investigación Cuantitativa: .....	66
3.2	Método.....	67
3.2.1	Métodos Específicos para la Investigación.....	67
3.3	Diseño de la Investigación.....	69
3.3.1	Según el Periodo en que se Realiza:.....	69
3.4	Tipo de investigación .....	69
3.5	Nivel de Investigación.....	70
3.5.1	Según el Objetivo de la Investigación:.....	70
3.5.2	Según el Nivel de Profundización en el Objeto de Estudio.....	71
3.5.3	Según el Grado de Manipulación de las Variables .....	71
3.5.4	Según el Tipo de Inferencia.....	71
3.6	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos .....	72

3.6.1	Técnicas .....	72
3.7	Procedimientos de recolección de información .....	73
3.7.1	Fase 1 – Diagnóstico inicial:.....	74
3.7.2	Fase 2 – Implementación del sistema optimizado: .....	74
3.7.3	Fase 3 – Evaluación post-implementación: .....	74
3.7.4	Instrumentos.....	74
3.7.5	Instrumentos de recolección de datos.....	74
3.8	Confiabilidad y validez de los instrumentos.....	78
3.8.1	Confiabilidad.....	78
3.8.2	Validez.....	79
3.9	Técnicas para el Procesamiento e Interpretación de Datos .....	80
3.9.1	Codificación de datos cualitativos .....	80
3.9.2	Análisis estadístico de datos cuantitativos.....	81
3.9.3	Análisis de correlación .....	82
3.9.4	Triangulación de resultados .....	82
3.10	Población y Muestra .....	83
3.10.1	Población.....	83
3.10.2	Tamaño de la Muestra.....	83
3.11	Variables .....	84
3.11.1	Hipótesis:.....	84
3.11.2	Variables del Proyecto .....	84
3.12	Hipótesis del estudio .....	85
3.12.1	Hipótesis Principal.....	85
3.12.2	Hipótesis Secundarias .....	86
3.13	Explicación de la Relación entre las Variables: .....	88
	<b>Capítulo 4 Análisis y Discusión de los Resultados .....</b>	<b>89</b>

4.1	Análisis Descriptivo de los Resultados .....	89
4.1.1	Definición de Proyectos Prioritarios y Contexto Local.....	89
4.1.2	Definición de Pesos de Estilo de Aprendizaje por Proyecto. ....	91
4.2	Diseño del Modelo Matemático de Optimización .....	93
4.2.1	Cálculo de Promedios Ponderados.....	94
4.2.2	Coeficientes Institucionales Obtenidos .....	95
4.3	Aplicación del Modelo Matemático .....	97
4.3.1	Aplicación Práctico del Modelo (Piloto).....	98
4.4	Análisis de Sensibilidad del Sistema (AS) de Asignación Optimizada de actividad ABP 124	
4.5	Implementación del Modelo Matemático de Optimización en el Grupo Experimental 135	
4.5.1	Restricciones del Modelo para la aplicación del Grupo Experimental .....	136
4.5.2	Análisis y Asignaciones Finales del Modelo de Optimización en los Grupo Experimental 2do y 3ro BGU-UEMOP.....	137
4.6	Asignación Tradicional de Proyectos: Un Enfoque Observacional y Sustentado en la Práctica Docente .....	152
4.6.1	El Papel del Docente en la Asignación Tradicional.....	153
4.6.2	Proceso de Asignación: Una Perspectiva Observacional .....	154
4.7	Evaluación Comparativa de la Satisfacción, Compromiso Académico y Experiencia de Aprendizaje en Grupos de Control y Experimental bajo Sistemas de Asignación Tradicional y Optimizada de Actividades ABP .....	157
4.8	Impacto del Sistema de Asignación Optimizada de actividades ABP en la Satisfacción y el Compromiso Estudiantil: Resultados de una Observación Directa. ..	169
4.9	Discusión de los Resultados.....	177
4.9.1	Análisis de los resultados obtenidos de la Aplicación del Modelo “Proyecto Piloto”	177

4.9.2	Análisis de Sensibilidad: Validación del Modelo .....	179
4.9.3	Análisis de los resultados obtenidos de la Implementación del Modelo en el Grupo Experimental .....	180
4.9.4	Análisis de la Asignación Tradicional de Proyectos .....	186
4.9.5	Impacto del Sistema de Asignación Optimizada en la Experiencia Educativa ABP	187
4.9.6	Efectos en el Desempeño Académico .....	189
4.9.7	Impacto del Sistema de Asignación Optimizada de Actividades ABP en la Experiencia Educativa .....	190
4.10	Una transformación integral de la experiencia educativa .....	191
	<b>Capítulo 5 Marco Propositivo .....</b>	<b>194</b>
5.1	Planificación de la Actividad Preventiva.....	194
	<b>Conclusiones.....</b>	<b>200</b>
	<b>Recomendaciones .....</b>	<b>202</b>
	<b>Referencias Bibliográficas .....</b>	<b>203</b>
	<b>Apéndice.....</b>	<b>213</b>
	Apéndice A. Oficio Solicitud Dist. de Educación Montúfar-Bolívar Autorización.....	213
	Apéndice B. Autorización Dist. de Educación Montúfar-Bolívar .....	214
	Apéndice C. Hojas de Firmas Asistencia Reuniones con Docentes UEMOP .....	215
	Apéndice D. Hojas de Firmas Asistencia Reuniones con Estudiantes UEMOP.....	216
	Apéndice E. Encuesta para Docentes: Determinación de Prioridades para el Sistema de Asignación de Proyectos ABP UEMOP .....	217
	Apéndice F. Encuesta dirigida a estudiantes sobre Asignación de Proyectos ABP – UEMOP.....	218
	Apéndice G. Encuesta Grupo Experimental BGU-UEMOP (Asignación Optimizada)	219
	Apéndice H. Encuesta Grupo de Control BGU-UEMOP (Asignación Tradicional) ....	220

Apéndice I. Ficha de Observación Directa para Evaluación de Asignación de Proyectos ABP.....	221
Apéndice J. Memoria Fotográfica .....	222

## Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Línea de Investigación</i> .....	8
Tabla 2 <i>Pesos de Estilo de Aprendizaje por Proyecto</i> .....	93
Tabla 3 <i>Prioridades de los Docentes en la Asignación Individual de Proyectos</i> .....	94
Tabla 4 <i>Coeficientes Institucionales Obtenidos</i> .....	95
Tabla 5 <i>Compatibilidad Académica (CA) por Proyecto</i> .....	100
Tabla 6 <i>Pesos Asociados a Cada Interés</i> .....	101
Tabla 7 <i>Matriz de Ponderación de Temas por Proyecto</i> .....	102
Tabla 8 <i>Alineación de Intereses por Proyecto</i> .....	104
Tabla 9 <i>Adecuación al Estilo de Aprendizaje por Proyecto</i> .....	108
Tabla 10 <i>Aplicación de la Función Objetivo por Proyecto</i> .....	112
Tabla 11 <i>Asignación de Actividades ABP con Equilibrio Grupal</i> .....	116
Tabla 12 <i>Roles en equipos de trabajo</i> .....	120
Tabla 13 <i>Asignación de Roles</i> .....	122
Tabla 14 <i>Escenarios propuestos</i> .....	125
Tabla 15 <i>Resultados Priorización de la CA</i> .....	126
Tabla 16 <i>Resultados Priorización de la AI</i> .....	128
Tabla 17 <i>Resultados Priorización de la AE</i> .....	130
Tabla 18 <i>Asignación Final del Modelo de Optimización en el Grupo Experimental 2do BGU</i> .....	138

Tabla 19 *Asignación Final del Modelo de Optimización en el Grupo Experimental 3ro BGU*

..... 146

## Índice de Figuras

Figura 1 <i>Esquema de un problema de decisión</i> .....	31
Figura 2 <i>Optimización Combinatoria</i> .....	33
Figura 3 <i>Modelo de programación lineal</i> .....	50
Figura 4 <i>Diagrama de flujo para el algoritmo SuperLearner</i> .....	60
Figura 5 <i>Taxonomía de la metaheurística</i> .....	62
Figura 6 <i>Distribución estudiantes por Proyecto</i> .....	118
Figura 7 <i>Distribución Final de Estudiantes por Proyecto</i> .....	142
Figura 8 <i>Distribución de estudiantes por proyecto</i> .....	148
Figura 9 <i>Distribución de Estudiantes por Proyectos (Asignación Tradicional)</i> .....	156
Figura 10 <i>Comparación de promedios por variables y grupo</i> .....	158
Figura 11 <i>Matriz de Correlación-General</i> .....	161
Figura 12 <i>Distribución de Estudiantes por Proyectos (Asignación Tradicional)</i> .....	164
Figura 13 <i>PCA-Visualización de Agrupamiento por Grupo</i> .....	165
Figura 14 <i>Comparación de Medias de Notas</i> .....	166
Figura 15 <i>Gráfico de Dispersión: Distribución de Notas de Grupo</i> .....	167
Figura 16 <i>Gráfico de Tendencias: Notas por Proyecto Asignado</i> .....	168
Figura 17 <i>Comparativo de Medias entre Grupos</i> .....	170
Figura 18 <i>Matriz de Correlación entre variables</i> .....	172
Figura 19 <i>Gráfica de tendencias: Comparación de Medias entre Grupos</i> .....	174

Figura 20 *Comparación de indicadores por Proyecto Asignado* ..... 175

## Resumen

La investigación titulada “Desarrollo de un sistema de asignación de proyectos ABP en la Unidad Educativa Mario Oña Perdomo, San Gabriel” propone un modelo personalizado para asignar actividades de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), de manera personalizada, su objetivo general fue desarrollar un sistema optimizado que considere los intereses, habilidades previas y rendimiento académico de los estudiantes, con el fin de maximizar su motivación y desempeño académico.

Se diseñó un Modelo de Optimización Combinatoria que integra criterios como compatibilidad académica (CA), alineación de intereses (AI) y adecuación al estilo de aprendizaje (AE), generando asignaciones equilibradas. Además, se aplicó un Análisis de Sensibilidad para evaluar la robustez del sistema.

La metodología fue mixta, con grupos control y experimental, encuestas de percepción y análisis estadístico. Los resultados mostraron que el grupo experimental superó al control en calificaciones (9.06 vs. 7.82) y en indicadores como motivación (4.50), participación (4.53), creatividad (4.53) y satisfacción con el proyecto (4.52 vs. 2.88), confirmando que el sistema es viable, replicable y adaptable a otros contextos educativos, consolidándose como una herramienta eficaz para fortalecer metodologías activas en la educación secundaria.

**Palabras claves:** Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), Optimización Combinatoria, Motivación Estudiantil, Rendimiento Académico, Análisis de Sensibilidad.

## ABSTRACT

The research, entitled “Development of a PBL project assignment system at the Mario Oña Perdomo Educational Unit, San Gabriel,” proposes a personalized model for assigning Problem-Based Learning (PBL) activities in a tailored manner. Its overall objective was to develop an optimized system that considers students' interests, prior skills, and academic performance to maximize their motivation and academic achievement.

A Combinatorial Optimization Model was designed that integrates criteria such as academic compatibility (AC), alignment of interests (AI), and suitability to learning style (LS), generating balanced assignments. Additionally, a Sensitivity Analysis was applied to evaluate the system's robustness.

The methodology employed a mixed approach, incorporating control and experimental groups, perception surveys, and statistical analysis. The results showed that the experimental group outperformed the control group in grades (9.06 vs. 7.82) and in indicators such as motivation (4.50), participation (4.53), creativity (4.53), and satisfaction with the project (4.52 vs. 2.88), confirming that the system is viable, replicable, and adaptable to other educational contexts, consolidating itself as an effective tool for strengthening active methodologies in secondary education.

**Keywords:** Problem-Based Learning (PBL), Combinatorial Optimization, Student Motivation, Academic Performance, Sensitivity Analysis.



Reviewed by:

Mgs. Sofía Freire Carrillo

**ENGLISH PROFESSOR**

C.C. 0604257881

## Introducción

En el actual panorama educativo, las metodologías activas como el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) ha ganado considerable protagonismo por su potencial para cultivar aprendizajes significativos y competencias correspondientes al siglo XXI; sin embargo, uno de los principales desafíos es su implementación para la asignación de proyectos, un proceso que con frecuencia carece de estructura y personalización, lo cual afecta negativamente la motivación y el rendimiento académico de los estudiantes, especialmente cuando se ignora sus intereses, capacidades previas y los estilos de aprendizaje diferenciados de los estudiantes.

Este estudio aborda la problemática de la asignación ineficaz de actividades ABP en el Bachillerato General Unificado (BGU) de la Unidad Educativa Mario Oña Perdomo (UEMOP), donde la ausencia de un sistema estructurado ha generado impactos desfavorables en la experiencia de aprendizaje, lo que ha evidenciado la necesidad de desarrollar soluciones prácticas basadas en datos y modelos matemáticos de optimización; en este sentido, el propósito primordial es diseñar e implementar un sistema optimizado de asignación de actividades ABP que contemple criterios clave como la compatibilidad académica (CA), la alineación de intereses (AI) y la adecuación al estilo de aprendizaje de los estudiantes (AE), para lo cual se desarrolló un Modelo de Optimización Combinatoria que genera asignaciones equilibradas y personalizadas, validado mediante un Análisis de Sensibilidad (AS) que garantiza su robustez y adaptabilidad, así como también un Modelo de Decisión para Reasignación de Proyectos que equilibra tamaños grupales.

La metodología adoptada responde a un enfoque mixto que combina investigación aplicada, cuantitativa, descriptiva y experimental; en una primera fase se realizó un diagnóstico para identificar las limitaciones del sistema tradicional, seguido de la

implementación del modelo optimizado en un Grupo Experimental, cuyos desempeños se contrastaron con los de un Grupo Control que mantuvo el enfoque convencional, evidenciándose mejoras significativas en el grupo experimental, con un incremento de sus calificaciones promedio (9.06 frente a 7.82), mayores niveles de satisfacción (4.52 frente a 2.88) y una participación más activa en las actividades ABP (4.44 frente a 2.89), lo que valida la efectividad del sistema propuesto y su potencial para transformar la experiencia educativa.

La organización del presente trabajo se divide en cinco capítulos, que abordan los siguientes contenidos: generalidades del proyecto, incluyendo el planteamiento del problema, la justificación y los objetivos que guiarán el desarrollo; estado del arte y práctica, donde se destacan antecedentes investigativos y conceptos clave sobre ABP, optimización combinatoria y análisis de sensibilidad; diseño metodológico, que explica el enfoque, los métodos y las técnicas utilizadas; análisis y discusión de resultados, donde se cuantifica el impacto del modelo optimizado mediante la interpretación estadística de la información recolectada a través de encuestas y registros de observación; y finalmente, el marco propositivo, que sintetiza la planificación de la actividad preventiva, las conclusiones que emergen del estudio y las recomendaciones dirigidas a guiar nuevas investigaciones y facilitar la aplicación práctica de los hallazgos en el ámbito educativo.

Este proyecto no solo contribuye al conocimiento teórico sobre metodologías activas, sino que también presenta un recurso metodológico transferible y replicable para mejorar la calidad educativa en instituciones de nivel medio. Al priorizar la personalización y la eficiencia en la asignación de proyectos ABP, se fomenta una docencia más inclusiva, colaborativa y orientada hacia el alumno, alineada con los requerimientos del mundo actual.

## **Capítulo 1**

### **Generalidades**

#### **1.1 Planteamiento del problema**

En Ecuador, el sistema educativo está enmarcado dentro de varias leyes y políticas dirigidas a garantizar tanto la calidad como la equidad, la Constitución de la República del Ecuador (CRE) (2008) otorga a la ciudadanía el derecho a la educación y manda al Estado proporcionar una educación de calidad, equitativa e inclusiva, el Artículo 26 de la Constitución afirma que "La educación es un derecho de las personas y una responsabilidad primordial del Estado" (Asamblea Nacional del Ecuador, 2008, p. 15), esta disposición subraya la importancia de proporcionar un entorno educativo enriquecedor y holístico para los estudiantes.

La Ley Orgánica de Educación Intercultural (LOEI) promueve la educación intercultural y plurinacional, enfatizando la importancia de enfoques pedagógicos innovadores y orientados en el aprendizaje del estudiante, como el ABP (Asamblea Nacional del Ecuador, 2011). El Reglamento a la LOEI detalla las disposiciones de la ley y establece normas específicas para la implementación de métodos educativos y la evaluación del rendimiento académico (Ministerio de Educación del Ecuador, 2012).

En el contexto educativo actual, las instituciones enfrentan el desafío de mantener a los estudiantes motivados y comprometidos con su aprendizaje, especialmente en contextos de enseñanza tradicional que no siempre logran captar el interés de los alumnos. La Unidad Educativa Mario Oña Perdomo (UEMOP), situada en San Gabriel, provincia del Carchi, no es ajena a esta problemática, a pesar de los esfuerzos por implementar metodologías activas como el ABP, que pueden involucrar a los estudiantes en la resolución de problemas basados en la realidad, la asignación de problemas a menudo no se ajusta a las habilidades e intereses

de los estudiantes, esta falta de alineación puede llevar a una disminución de la motivación; y, como resultado, a un rendimiento académico que está por debajo de las expectativas.

El problema surge de la ausencia de un sistema efectivo para la asignación del ABP que garantice que cada estudiante reciba un proyecto que se alinee con sus intereses, conocimientos previos y necesidades académicas, sin un sistema optimizado, los beneficios de esta metodología pueden verse reducidos, y los estudiantes podrían no experimentar el nivel de involucramiento y aprendizaje esperado.

El éxito académico está fuertemente influenciado por la motivación, que puede disminuir debido a una desalineación entre las actividades, preferencias y niveles de habilidad de un estudiante. Además, proyectos asignados de manera desigual pueden resultar en la utilización ineficiente de recursos, lo que lleva a una disminución en la productividad general dentro del proceso educativo.

Para resolver este problema, es necesario diseñar un sistema que optimice la asignación de los proyectos ABP mediante métodos de optimización combinatoria, considerando múltiples variables y restricciones, este enfoque permitirá encontrar la combinación óptima de proyectos y estudiantes de manera que se maximice su motivación y rendimiento académico, también, el análisis de sensibilidad determinará el rendimiento relevante del sistema con respecto a los cambios en los intereses y habilidades de los alumnos, proporcionando una comprensión crítica para el refinamiento del proceso de asignación.

La implementación de este sistema no solo mejorará la eficiencia de la asignación de proyectos, sino que también servirá como una herramienta útil para los docentes, lo que les permitirá personalizar la educación y abordar las necesidades específicas de cada estudiante, este enfoque contribuirá a una educación de mayor calidad, permitiendo a los

estudiantes involucrarse más profundamente con los temas, desarrollar habilidades críticas y resolver problemas de manera colaborativa.

## **1.2 Formulación del Problema**

Ecuador continúa enfrentando desafíos significativos para mejorar la calidad de la educación, la UEMOP, enfrenta desafíos significativos en la implementación efectiva del ABP, esta metodología, busca que los estudiantes se comprometan con la solución de retos del entorno, a menudo no logra alinear las actividades con las habilidades e intereses individuales de los estudiantes, por lo que esta desalineación puede resultar en una menor motivación y, consecuentemente, en un rendimiento académico inferior al esperado.

El problema central que plantea esta investigación es: ¿Cómo puede la optimización en la asignación de ABP mejorar la motivación y el rendimiento académico de los estudiantes en la UEMOP?, de este modo, la ausencia de un sistema eficiente para la asignación de actividades impide que los estudiantes reciban tareas que se alineen con sus intereses y capacidades, lo que afecta negativamente su compromiso y desempeño académico.

La investigación abordará esta cuestión a través de un análisis detallado de la correspondencia entre la asignación de actividades y el rendimiento estudiantil, identificando los obstáculos específicos que enfrentan los docentes al intentar alinear estas actividades con las necesidades de los estudiantes. Además, el estudio analizará los efectos en la eficiencia y efectividad del proceso de asignación que resultan de aplicar un enfoque de optimización combinatoria y Análisis de Sensibilidad (AS).

Los resultados de este estudio harán posible formular propuestas que mejorarán la asignación de las actividades de ABP, promoviendo una mayor equidad educativa, asegurando que todos los estudiantes puedan perfeccionar y desarrollar sus destrezas y

conocimientos al máximo. Un sistema optimizado beneficiará no solo a los estudiantes, sino que también proporcionará a los maestros un medio para adaptar la educación y abordar las necesidades individuales de los estudiantes de manera más efectiva.

### 1.3 Justificación de la Investigación

El desarrollo de un sistema optimizado para la asignación de actividades de ABP en la UEMOP es una respuesta necesaria a los desafíos actuales en el ámbito educativo, por tal motivo la educación moderna requiere métodos innovadores que no solo transmitan conocimientos, sino que también fomenten habilidades críticas y la motivación intrínseca en los estudiantes. El ABP, orientada a la resolución de problemas auténticos y contextualizados, puede satisfacer tales requerimientos; sin embargo, su impacto se torna significativo únicamente si las actividades se distribuyen de manera coherente, atendiendo a los intereses y capacidades individuales de los estudiantes.

### 1.4 Línea de Investigación

**Tabla 1**

*Línea de Investigación*

Área del Conocimiento	Línea de Investigación	Descripción
Educación	Optimización de la Asignación de actividades ABP y su Impacto en la Motivación y Rendimiento Académico	Esta línea de investigación se centra en evaluar de qué manera la implementación de un sistema optimizado para la asignación de actividades de ABP influye en la motivación y el rendimiento académico de los estudiantes. Se examina la

		<p>relación entre la asignación eficiente de actividades y el compromiso estudiantil, la participación en clases y el uso de recursos educativos, con el fin de identificar barreras y oportunidades para mejorar la calidad educativa. Se combinan algoritmos de optimización combinatoria y AS para medir la estabilidad del modelo y dilucidar sus efectos sobre el aprendizaje.</p>
<p>Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC)</p>	<p>Integración de Tecnologías Digitales en la Asignación de actividades ABP</p>	<p>Investiga la integración de tecnologías digitales en el proceso de asignación de actividades ABP con el objetivo de optimizar tanto la eficiencia como la efectividad del sistema educativo. Esta línea de investigación busca entender las limitaciones tecnológicas actuales y cómo estas limitaciones afectan la capacidad de los docentes para asignar actividades de manera</p>

		<p>óptima. Además, explora soluciones tecnológicas para mejorar la sincronización de herramientas digitales con el proceso de asignación de actividades, con el objetivo de facilitar un mayor alineamiento entre los objetivos de aprendizaje y las diversas capacidades de los estudiantes.</p>
<p>Políticas Educativas</p>	<p>Desarrollo e Implementación de Políticas para la Optimización de actividades ABP</p>	<p>Analiza cómo las políticas públicas pueden abordar las desigualdades en la asignación de actividades ABP y mejorar la eficiencia del proceso educativo. Examina las estrategias y programas que podrían ser implementados para proporcionar un sistema de asignación optimizado, así como evaluar su efectividad en el aumento del desempeño académico y la equidad educativa. La investigación también considera el alineamiento de estas políticas</p>

		con la Normativa Legal y Educativa vigente.
Sociología de la Educación	Impacto Socioeconómico de la Optimización en la Asignación de actividades ABP	Explora cómo la implementación de un sistema optimizado para la asignación de proyectos ABP repercute en el ámbito socioeconómico de las familias y el desempeño educativo de los alumnos. Investiga las repercusiones de la mejora en la motivación y el rendimiento académico de los estudiantes fruto de una asignación optimizada, teniendo en cuenta tanto la retroalimentación que reciben los alumnos como el reconocimiento de sus logros en contextos familiares. La investigación también considera cómo la equidad en la asignación de proyectos puede contribuir a reducir las desigualdades educativas.

Fuente: Elaboración propia (2025)

### **1.5 Importancia de la Motivación y el Rendimiento Académico**

La motivación es un determinante crítico del rendimiento escolar, dado que los alumnos motivados se involucran de manera más profunda en su trabajo, lo que se traduce en mejores resultados (Ryan y Deci, 2000, p. 68), sin embargo mantener esa motivación puede resultar complejo especialmente si las actividades asignadas no se ajustan a sus intereses ni a sus capacidades individuales, por lo tanto, un sistema de asignación optimizado que distribuya las tareas de forma estratégica puede contribuir significativamente a mejorar la participación y el compromiso al vincular cada actividad con las preferencias del estudiante, maximizando así su participación y compromiso.

### **1.6 Necesidad de Optimización en la Asignación de Proyectos**

La asignación de actividades ABP en la UEMOP actualmente enfrenta limitaciones, afectando su eficiencia y efectividad del proceso educativo, es así que la falta de un sistema estructurado puede llevar a una distribución desigual de las actividades, lo que resulta en una subutilización de recursos y en una menor motivación y rendimiento académico, la implementación de métodos de optimización combinatoria y AS puede mejorar significativamente este proceso, asegurando que las actividades se asignen de manera que maximicen el impacto en el aprendizaje y la motivación estudiantil, tal como lo sugieren estudios recientes que destacan la eficacia de las estrategias activas y el ajuste de variables en contextos educativos (Hurtado Angamarca, 2025; Blabia Girau et al., 2024; Simple Science, 2025).

### **1.7 Alineación con la Normativa Legal y Educativa**

La CRE (2008) y la LOEI enfatizan la necesidad de garantizar una educación de calidad que sea equitativa e inclusiva (Asamblea Nacional del Ecuador, 2011), en este contexto, la implementación de un sistema optimizado para la asignación ABP se halla en

estricta consonancia con esa exigencia normativa, dado que persigue la elevación de la calidad formativa y la justicia educativa, garantizando que cada estudiante disponga de condiciones idóneas para la construcción de saberes y el perfeccionamiento de habilidades..

### **1.8 Impacto en la Comunidad Educativa**

La iniciativa se proyecta como una herramienta multidimensional que, al favorecer a los estudiantes, dota también a los educadores de mecanismos precisos para la adaptación curricular y la atención a la diversidad, este enfoque contribuirá a una educación de mayor calidad, permitiendo a los estudiantes involucrarse más profundamente con los temas, desarrollar habilidades críticas y resolver problemas de manera colaborativa. Además, los hallazgos de esta investigación podrían ser aplicables a otras instituciones educativas, promoviendo una mejora general en la calidad educativa a nivel nacional.

### **1.9 Contribución al Conocimiento y la Práctica Educativa**

El presente estudio enriquecerá el cuerpo teórico sobre el uso de metodologías activas de enseñanza y la gestión eficiente de recursos didácticos. Los hallazgos mostrarán de qué modo la combinación de la optimización combinatoria y el AS puede perfeccionar la asignación de proyectos dentro del ABP, estableciendo un cimiento robusto para la continuación de investigaciones y la aplicación práctica en la formación docente.

### **1.10 Replicabilidad y Escalabilidad:**

Las soluciones propuestas en esta investigación pueden ser replicadas en otras instituciones educativas con características similares. La implementación de un sistema optimizado para la asignación de actividades ABP puede ser escalada a nivel nacional, contribuyendo a mejorar la calidad educativa en todo el país.

En síntesis, la presente indagación se justifica en la demanda de una educación que, al tiempo que es eficaz, transversaliza la equidad y la personalización. El diseño de un

sistema optimizado para la asignación de actividades ABP, aplicado en la UEMOP, no solo asegura la consonancia con normativas legales y estándares de calidad, sino que, también promueve una mayor equidad y personalización en el aprendizaje, beneficiando tanto a estudiantes como a docentes.

### **1.11 Objetivos**

#### **1.12 Objetivo General**

- Desarrollar un sistema optimizado para la asignación de actividades de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) en la Unidad Educativa Mario Oña Perdomo de la ciudad de San Gabriel, cantón Montúfar, provincia del Carchi, integrando su aplicación en la enseñanza diaria de distintas materias para maximizar la motivación y el rendimiento académico de los estudiantes.

#### **1.13 Objetivos Específicos**

- Identificar las características clave de los estudiantes, como intereses, habilidades previas y rendimiento académico, para el diseño de actividades de ABP adaptados a sus necesidades.
- Diseñar un modelo de optimización combinatoria que asigne actividades ABP de manera eficiente, maximizando el impacto en el aprendizaje y la motivación estudiantil.
- Implementar Análisis de Sensibilidad para evaluar la robustez del sistema y el impacto de variaciones en los parámetros del modelo.
- Evaluar el impacto del sistema de asignación optimizada de actividades ABP en la satisfacción estudiantil, a través de la aplicación de encuestas y métricas de percepción, con el propósito de identificar mejoras en la experiencia de aprendizaje y el nivel de compromiso académico.

## **1.14 Relevancia y Aplicabilidad de la Propuesta**

### **1.15 Relevancia**

La implementación de un sistema optimizado para la asignación de proyectos de ABP en la UEMOP adquiere una relevancia indiscutible dentro del contexto educativo actual. Las instituciones educativas contemporáneas deben superar el desafío de mantener la motivación y el compromiso de los estudiantes en entornos donde las prácticas pedagógicas convencionales a menudo no logran captar plenamente su atención..

El ABP, al enfocarse en resolver problemas auténticos, surge como una estrategia capaz de aumentar el compromiso. Sin embargo, su impacto positivo depende de una distribución de proyectos bien calibrada que se alinee con los intereses y las competencias heterogéneas de los estudiantes. La ausencia de un diseño sistemático que garantice dicha alineación puede resultar en una disminución de la motivación y, en consecuencia, un rendimiento académico que cae por debajo de las expectativas institucionales.

Abordar esta problemática es crucial para garantizar que cada estudiante pueda desarrollar plenamente sus competencias y conocimientos. La adopción de un sistema de optimización combinatoria combinado con un análisis de sensibilidad puede mejorar notablemente tanto la eficiencia como la eficacia de la asignación de proyectos, asegurando que cada estudiante se involucre con un tema que fomente su participación y aprendizaje.

La importancia de la investigación se ve reforzada por su alineación con las políticas educativas nacionales que abogan por la equidad y la calidad en la enseñanza. La CRE y la LOEI enfatizan la necesidad de una educación inclusiva y de excelencia, y esta propuesta avanza específicamente en esas direcciones al proponer una asignación de proyectos cuya personalización y eficiencia se elevan a través de mecanismos analíticos avanzados.

### 1.16 Aplicabilidad

La aplicabilidad de esta propuesta se fundamenta en su capacidad para generar datos e indicaciones prácticas transferibles que puedan ser directamente integradas en la UEMOP y en cualquier otra institución que comparte características contextuales y organizativas similares. Los resultados de esta investigación ofrecerán:

1. **Evidencia Empírica:** Información cuantitativa y cualitativa que describe la evaluación entre una asignación ajustada de actividades de ABP y el rendimiento académico, que pueden ser utilizados por responsables de políticas y educadores para justificar y priorizar inversiones en herramientas y tecnologías educativas.
2. **Políticas y Estrategias:** Sugerencias concretas para la formulación y ejecución de políticas que optimizan la disposición de actividades de ABP. Ello podrá incluir la formación continua de los docentes en el manejo de herramientas de optimización, el desarrollo de programas de apoyo que faciliten la personalización de tareas y la constitución de redes de cooperación entre distintas entidades educativas.
3. **Intervenciones Prácticas:** Propuestas de proyectos piloto y programas de apoyo que evalúen el impacto de la asignación optimizada de actividades ABP. sobre la motivación y el rendimiento académico de los estudiantes. Estas intervenciones están diseñadas para ser replicadas en otras instituciones educativas que presentan problemáticas análogas, de modo que la experiencia acumulada sirva para enriquecer la práctica docente en un ámbito más amplio..
4. **Mejora de la Equidad Educativa:** Estrategias para reducir las disparidades en la asignación de actividades ABP, de tal manera que todos los grupos de aprendizaje accedan a propuestas coherentes con sus intereses y competencias. Esta medida, además de favorecer un rendimiento académico más uniforme, cultiva la motivación

intrínseca del estudiantado, al permitirles experimentar el aprendizaje como un proceso relevante y vinculado a su realidad.

En conclusión, la investigación no solo aborda un problema crítico en el ámbito de la UEMOP, sino que ofrece un andamiaje argumentativo que sirve de guía para intervenciones pragmáticas y replicables.. Estas soluciones contribuye no solo al perfeccionamiento de la práctica educativa en la provincia del Carchi, sino también a la reducción de las desigualdades educativas en contextos que comparten características estructurales semejantes.

## Capítulo 2

### Estado del Arte y la Práctica

#### 2.1 Antecedentes Investigativos

El enfoque del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) ha captado el interés de la investigación pedagógica dado su potencial para elevar el rendimiento académico y promover un aprendizaje activo y centrado en el estudiante. Este modelo educativo prioriza el cultivo de competencias en la resolución de problemas mediante la inmersión en situaciones prácticas y relevantes, sin embargo, su traslado efectivo al aula presenta complejidades, más aún en entornos en los que los perfiles, motivaciones y necesidades de los estudiantes difieren de forma significativa. En este marco, la asignación de problemas se convierte en una tarea crítica; una distribución equitativa ya la vez personalizada de las actividades supone la creación de mecanismos capaces de identificar y ajustar los retos a las características individuales. Solo mediante el diseño de un sistema dinámico que reconozca la heterogeneidad del alumnado es posible maximizar los efectos positivos que el ABP promete.

Durante las décadas de 1960 y 1970, los educadores de la Universidad de McMaster observó que el modelo tradicional de enseñanza en medicina caracterizado por largas jornadas de formación clínica, ya no era suficiente ante el rápido aumento de la información médica y los avances tecnológicos, en aquel momento, identificaron la importancia de que los futuros médicos tuvieran habilidades para resolver problemas, como recopilar y analizar información, plantear hipótesis y ponerlas a prueba, esta visión impulsó la creación de un currículo innovador basado en el Aprendizaje Basado en Problemas (PBL, por sus siglas en inglés) (Barrows, 1996), y que fue implementado a lo largo de un plan curricular de tres años y se consolidó internacionalmente tras la graduación de la primera promoción en 1972,

paralelamente, otras instituciones, como la Universidad de Michigan, así como las escuelas de Maastricht y Newcastle, adoptaron enfoques similares, posteriormente, a comienzos de los años 80, instituciones tradicionales comenzaron a incorporar el ABP en sus programas, siendo algunas de las primeras en este cambio las universidades de Nuevo México, Hawái, Harvard y Sherbrooke, el ABP se extendió más allá de la medicina, mostrando su utilidad en diversas áreas de la educación superior, fomentando un aprendizaje más activo y orientado a resolver problemas (Vargas-Vera et al., 2023).

Esta evolución histórica ha sentado las bases para la amplia adopción del ABP en diversos contextos educativos contemporáneos.

En los últimos diez años, el estudio e implementación de enfoques que incentivan un aprendizaje activo y significativo ha cobrado fuerza, destacando el ABP por situar al estudiante en el núcleo del proceso pedagógico, promoviendo autonomía, competencias investigativas y un pensamiento crítico robusto. Paredes-Curín (2016) evidenció que la aplicación del ABP en la educación ambiental en un liceo municipal de Cañete-Chile no solo mejoró el aprendizaje individual y el trabajo colaborativo, sino que también cultivó un ambiente de confianza y bienestar entre los discentes. En este marco, los estudiantes se involucraron de forma activa en la formulación y solución de interrogantes investigativas, favoreciendo la construcción de saberes y el desarrollo de destrezas sociales y emocionales. Del mismo modo, la evaluación secuenciada del ABP, que combina momentos individuales y grupales, resulta en experiencias menos angustiosas y más sintonizadas con las capacidades y requerimientos del alumno, sin embargo, la literatura ha señalado desafíos persistentes, como la sincronización de los trabajos grupales y la equidad en la contribución de los miembros, lo que exige ajustes reflexivos y adaptativos en los procesos de implementación. Este estudio se orienta a explorar y optimizar la asignación de proyectos

ABP, con el objetivo de incrementar simultáneamente la motivación de los estudiantes y su rendimiento académico, a partir de una estrategia que integre las características específicas del contexto educativo en el que se desarrolla el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Julca-Asto y Duran-Llano, (2022) manifiestan que el ABP ha llegado a ser reconocido como una estrategia metodológica vanguardista, que habilita a los estudiantes para generar conocimiento mediante el análisis y la resolución de situaciones problemáticas, sean éstas reales o simuladas. En este modelo, el docente se constituye en un orientador que facilita el aprendizaje y alienta el cultivo de habilidades analíticas, reflexivas y críticas. Al situar al alumno en el mismo eje del proceso educativo, el método lo impulsa a convertirse en agente activo de su formación académica, al abordar problemáticas del mundo real, el estudiantado refuerza su autonomía y perfecciona su capacidad para afrontar y resolver conflictos, al mismo tiempo que desarrolla competencias indispensables para su crecimiento intelectual y profesional, además, su inclusión en los programas educativos favorece la consolidación y la permanencia del saber, al generar, a la par, experiencias de aprendizaje más significativas. En el contexto educativo a cualquier nivel, el ABP ha adquirido protagonismo como metodología eficaz que impulsa el rendimiento académico y la comprensión de los contenidos, y su adaptabilidad garantiza su aplicabilidad en diversas asignaturas, situándolo por ende como un recurso fundamental en los currículos contemporáneos.

Hoy en día, resolver problemas complejos es una práctica cada vez más común en múltiples áreas, para abordar estos desafíos, se recurre frecuentemente a pruebas experimentales, sin embargo, representar una situación real mediante un modelo matemático puede ser difícil, especialmente cuando intervienen muchas variables o aspectos subjetivos que resultan complicados de medir (Taha, 2019).

Desde los años treinta, se han venido desarrollando técnicas dentro de la investigación de operaciones como una solución viable para problemas de optimización. Aunque el uso de métodos para asignar recursos de manera eficiente tiene antecedentes históricos profundos, fue durante la década de 1940 cuando George Dantzig introdujo formalmente el concepto de función objetivo aplicado a modelos matemáticos usados en la planificación militar en Estados Unidos, este hito dio lugar al desarrollo de la programación lineal, sentando así las bases de la optimización combinatoria, por lo que fue precisamente Dantzig quien diseñó el método Simplex, una herramienta clave para resolver problemas basados en sistemas de ecuaciones lineales (Travesi, 2024).

El avance de la tecnología informática ha constituido el nacimiento sobre el cual se ha edificado la programación matemática moderna, permitiendo ejecutar algoritmos poderosos que producen soluciones óptimas ante problemas de elevada complejidad. No obstante, en numerosos escenarios prácticos, estas soluciones deben mutar hacia formulaciones simplificadas que garantizan su trazabilidad, dado que los fenómenos que se modelan son, por naturaleza, dinámicos y están sujetos a variaciones aleatorias e imprevistas (Coa-Mamani & Obregón-Ramos, 2023).

Algunos fenómenos naturales pueden modelarse como sistemas dinámicos, y en dichos casos, la teoría del caos ayuda a comprender el comportamiento predecible de ciertos procesos. Las matemáticas aplicadas y la estadística aportan instrumentos rigurosos que examinan los puntos de decisión en disciplinas como la ingeniería, la economía y la ingeniería industrial. Estas disciplinas permiten acotar la exposición a contingencias, optimizar el rendimiento e identificar configuraciones que maximicen el propósito deseado, todo ello mediante el modelado cuantitativo y el análisis estadístico adecuado (AcademiaLab, 2023)

En este marco, la optimización se constituye como un eje fundamental en la investigación de operaciones, la teoría de control y la economía matemática. Los avances en computación han potenciado de modo significativo la capacidad de resolver modelos intrincados a través del rápido procesamiento de volúmenes masivos de datos. Tal capacidad computacional posibilita la simulación de diversos escenarios y la evaluación de alternativas estratégicas, consumo de recursos físicos mínimos. En consecuencia, se facilita la consideración de un amplio abanico de alternativas previas a la adopción de decisiones críticas, permitiendo la obtención de soluciones más efectivas y sustentadas en evidencias cuantitativas (Anderson et al., 2019).

LBBNRD (2024) muestra que el AS (Análisis de Sensibilidad) constituye una técnica que examina el efecto que variaciones en una variable independiente generan sobre una variable dependiente, dentro de un marco de suposiciones predeterminadas, este enfoque es ampliamente utilizado en el ámbito empresarial para detectar oportunidades de mejora, minimizar riesgos potenciales y ofrecer un fundamento empírico sólido para decisiones estratégicas corporativas, por lo que este tipo de análisis es aplicado por expertos financieros y economistas para examinar diversos escenarios posibles, mientras que Kenton (2024) que su utilidad en la modelización de decisiones, también es conocido como análisis "qué pasaría si...", ya que permite simular diferentes situaciones y evaluar sus efectos antes de implementar una acción definitiva.

Por lo antes expuesto, la incorporación de técnicas de optimización combinatoria y AS se ha consolidado como un recurso decisivo en la planificación de sistemas de asignación de proyectos ABP. En el contexto educativo, el AS facilita la evaluación del efecto que distintos ajustes de asignación aplican sobre variables neurálgicas, tales como la motivación del alumnado, el rendimiento académico y la satisfacción con el proceso de aprendizaje.

Tales procedimientos permiten ajustar la distribución de actividades a las características individuales de cada estudiante, con el objetivo de afinar el proceso educativo y de fundamentar una toma de decisiones informada a partir de evidencias cuantitativas (Coa-Mamani & Obregón-Ramos, 2023; Kenton, 2024; AcademiaLab, 2023; LBBNRD, 2024).

El presente estudio se orienta a desarrollar un sistema de asignación optimizada de proyectos ABP en la UEMOP, de la ciudad de San Gabriel. El propósito es, además de incrementar la motivación y el rendimiento académico, proporcionar un modelo que pueda ser replicado y que combine metodologías avanzadas de optimización con AS, este modelo se ajusta a la heterogeneidad inherente a cualquier entorno educativo. Los resultados esperados podrían revelar enfoques novedosos para maximizar el impacto del ABP mediante la personalización de las trayectorias formativas, enriqueciendo de este modo el corpus de la innovación pedagógica sustentada en la evidencia.

## **2.2 Fundamentación Legal**

El Artículo 27 de la CRE (2008) determina que la educación deberá contribuir al desarrollo íntegro de las personas, promoviendo valores de participación, equidad, interculturalidad y fortalecimiento tanto de las capacidades individuales como de las comunitarias, este enfoque holístico se alinea directamente con los principios del ABP, dado que la propuesta educativa no se limita a la adquisición de saberes, sino que orienta a los alumnos a cultivar competencias prácticas, a colaborar en grupos, a afrontar problemáticas auténticas ya vincular los contenidos estudiados con las dinámicas de la vida social.

Como un derecho fundamental, la educación tiene la obligación de capacitar a las personas para que intervengan de manera efectiva en el tejido social, objetivo que el ABP ayuda a lograr al fomentar la iniciativa individual y colectiva, tal como se menciona en la normativa Constitucional (CRE, 2008). Incluir este modelo pedagógico dentro del currículo

escolar refleja una interpretación dinámica del Artículo 27, en donde la enseñanza deja de ser meramente transmisiva para convertirse en un proceso activo, creativo y orientado al desarrollo de competencias ciudadanas y profesionales.

En este sentido, el sistema de asignación optimizada de proyectos de ABP posibilita simultáneamente el logro de objetivos pedagógicos, la adecuación a preceptos matemáticos de eficiencia y el acatamiento de un mandato constitucional: “impulsar la calidad y calidez educativa” y “el desarrollo de competencias y capacidades para crear y trabajar”, elementos esenciales en la configuración de la formación ciudadana y técnica ofrecida en el marco del Bachillerato General Unificado (BGU).

En la actualidad, el aprendizaje basado en proyectos y/o problemas en el Ecuador se considera una metodología didáctica que forma parte de las pedagogías activas en las diferentes disciplinas del conocimiento del Currículo vigente, se caracteriza por fomentar el aprendizaje a través del descubrimiento, la construcción del conocimiento, promueve el impulso del pensamiento crítico y la participación protagónica del estudiante, diferenciándose, así, de los modelos tradicionales centrados en la exposición o en la enseñanza magistral (MINEDUC, 2023).

## **2.3 Fundamentación Teórica**

### **2.3.1 *Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)***

#### **- Definición y principios del ABP.**

El ABP es una metodología busca desarrollar en el alumno competencias como el pensamiento crítico y la capacidad para la toma de decisiones en un contexto de colaboración (Mendoza Sifuentes et al., 2024, p. 2400), esta fundamenta en las teorías del paradigma constructivista, se articula en torno a la idea de que el estudiante, al ser confrontado con un desafío práctico, adopta un papel protagonista en su aprendizaje orientado a la resolución de

problemas, fomentando la autonomía educativa, el trabajo en equipos pequeños cooperativos y estableciendo un entorno de seguridad para construir conocimiento, impulsando la investigación, promueve la responsabilidad individual y grupal; y, es interdisciplinaria con interacción fluida donde el docente actúa como mediador y facilitador. Su aplicación sigue procesos sistémicos y se caracteriza por utilizar situaciones problemáticas reales para asimilar conceptos, potenciar habilidades de gestión explicativa, analizar datos, formular hipótesis y estimular el pensamiento crítico, lo que fomenta el aprendizaje independiente y autónomo, potenciando la creatividad y crea oportunidades para aprendizajes colaborativos y cooperativos (Guamán Gómez y Espinoza Freire, 2022).

El ABP es una propuesta pedagógica dinámica y novedoso que ubica a los alumnos en el centro de la experiencia pedagógica, mediante la exploración de situaciones auténticas, no solo asimila contenidos, sino que perfecciona competencias decisivas, entre las que destacan el razonamiento crítico, el autoaprendizaje y la resolución creativa de problemas (Lozada-Lozada et al., 2025, p. 2), este esquema operativo de aprendizaje activo, configura equipos reducidos bajo la orientación de un docente/facilitador que facilita la transferencia funcional de los aprendizajes teóricos adquiridos, siendo los propios estudiantes protagonista del aprendizaje, aplica problemas reales y complejos como el principal catalizador del proceso educativo.

La metodología ABP puede aplicarse en el contexto educativo mediante diversos enfoques según el campo disciplinar, materia abordada, metas pedagógicas o el perfil del alumnado, no obstante, la mayoría de aproximaciones presentan estructuras con elementos comunes por lo que Calduch (2021) expone un marco procedimental estandarizado, estructurado en cuatro etapas secuenciales: (1) Movilización del conocimiento existente y elaboración del itinerario operativo; (2) Investigación de las fuentes y recursos de

aprendizaje; (3) Socialización e integración de la información recopilada; y (4) Aplicación práctica y valoración del proceso. Estas etapas articulan sesiones teórico-prácticas, encuentros de orientación o acompañamiento y aprendizaje independiente.

La metodología basada en problemas potencia el desempeño escolar y fortalece las habilidades competenciales, mientras genera un involucramiento significativo durante el proceso educativo, facilitando que los alumnos se adapten a diversos escenarios y requerimientos formativos. Como estrategia pedagógica activa, vincula el aprendizaje con situaciones concretas y reales que los alumnos pueden confrontar fuera del aula, favorece la pertinencia y la utilidad directa de los contenidos en el quehacer diario, lo que eleva tanto el sentido práctico de lo aprendido como su transferibilidad a las experiencias cotidianas de los estudiantes, logrando aprendizajes más duraderos. (Mendoza Sifuentes et al., 2024).

Según Fundación Loyola (2023), el ABP se sustenta en cuatro principios esenciales: dimensión constructiva, autorregulación, colaboración y contextualización, estos pilares, tanto individualmente como en su interacción sistémica, potencian las capacidades resolutivas del alumnado.

La **dimensión constructiva** posiciona al educando como protagonista activo que edifica su propio conocimiento desde múltiples fuentes informativas. El facilitador proporciona orientación sin transmisión directa de contenidos, fomentando capacidades analíticas como el cuestionamiento, priorización, verificación de supuestos y evaluación crítica.

La **autorregulación** implica que los estudiantes conduzcan sus propias investigaciones temáticas, representando frecuentemente una transformación metodológica respecto a enfoques tradicionales donde predomina la instrucción docente unidireccional. Este proceso autónomo incorpora principalmente indagación bibliográfica y consultas

especializadas, desarrollando competencias organizativas, reflexivas y gestión informacional esenciales para afrontar desafíos complejos.

La **dimensión colaborativa** estructura el aprendizaje mediante equipos reducidos que abordan casos prácticos y construyen conocimiento compartido. Los participantes debaten problemáticas, asumen funciones específicas, comparten hallazgos y resuelven discrepancias, desarrollando habilidades como establecimiento de objetivos, toma decisional y comunicación efectiva.

La **contextualización** fundamenta esta metodología en análisis de situaciones auténticas que permiten aplicar conceptos abstractos a escenarios prácticos. Mediante esta aproximación exploratoria, los educandos adquieren comprensión profunda, versátil y pragmática de nuevos constructos teóricos.

Al analizar la metodología del ABP, resulta evidente que constituye un enfoque pedagógico transformador que reposiciona completamente la dinámica educativa tradicional, ya que esta estrategia didáctica innova al situar situaciones problemáticas reales como motor propulsor del proceso formativo, desplazando el foco de interés desde el docente, habitualmente en el centro, hacia el estudiante, que deviene el actor responsable de la construcción activa de su saber.

La verdadera fortaleza del ABP radica en su facultad para articular diversas dimensiones del proceso educativo: estimula, de manera concurrente, el pensamiento crítico, la co-construcción del conocimiento, la fundamentación de decisiones y el cultivo de competencias investigativas. Su estructura secuencial, que comprende la activación de saberes previos, la exploración de recursos, la socialización de hallazgos y la aplicación práctica, permite una progresión natural del aprendizaje donde cada fase enriquece la siguiente.

Esta metodología resulta particularmente valiosa en el contexto educativo contemporáneo por su flexibilidad para adaptarse a diversos campos disciplinares y perfiles de alumnado es así que, al fundamentarse en los cuatro pilares esenciales constructivo, autorregulado, colaborativo y contextual, el ABP supera la simple incorporación de conocimientos y orienta la formación hacia competencias que pueden trasladarse a contextos auténticos, de este modo, los estudiantes se equipan de forma efectiva para afrontar los retos complejos e interdisciplinarios que marcan la naturaleza de sus futuras trayectorias profesionales.

En resumen, este enfoque representa una ruptura con modelos educativos memorísticos, ofreciendo en su lugar un marco donde el aprendizaje adquiere significado profundo al vincularse directamente con la realidad, potenciando no solo el rendimiento académico sino, más importante aún, la capacidad adaptativa de los educandos frente a escenarios diversos y en constante evolución.

- **Impacto del ABP en la motivación y el rendimiento académico.**

La implementación del ABP, siendo un enfoque pedagógico revolucionario ubica al estudiante en el núcleo del proceso formativo, lo que exige del docente un esfuerzo formativo considerable, en virtud de que debe adquirir saberes y destrezas adicionales y, simultáneamente, rebasar el limitado horizonte que caracterizan a las aproximaciones pedagógicas más tradicionales, según señala Carbajal Leandro (2024) en su investigación publicada en la Revista ConCiencia EPG.

Es así que el ABP se revela como una estrategia educativa que propicia un aprendizaje profundo y autónomo, gracias a este enfoque, los estudiantes experimentan una notable satisfacción, lo cual desencadena transformaciones positivas en sus emociones y fortalece su compromiso con la actividad académica; en diferencia de la enseñanza

convencional, resultando ser una alternativa más atractiva y efectiva, presentándose como un catalizador de **motivación** y de participación activa, ya que la búsqueda y la resolución de problemas reales no solo **mejoran las calificaciones**, sino que, más importante aún, cultivan competencias clínicas y habilidades críticas necesarias en el ámbito profesional. Las interacciones frecuentes entre pares se traducen en un entorno social que mitiga el estrés y el desgaste emocional, y al mismo tiempo la reflexión continua sobre el propio saber/crédito genera un hábito de metacognición que, a largo plazo, capitaliza la autonomía del aprendiz (Meza Morales et al., 2019).

Ramírez S. (2014) señala que el enfoque metodológico del ABP potencia la creatividad al motivar a los estudiantes a explorar diversas maneras de abordar problemas, lo que activa su imaginación y conocimientos previos, todo esto se enriquece a través de la colaboración en grupo. Así, se desarrollan habilidades relacionadas con el pensamiento divergente, formando individuos que destacan en su entorno, capaces de ver múltiples perspectivas de una situación y de proponer soluciones innovadoras y efectivas, además de perseverar ante los desafíos. El ABP a su vez, no se limita a potenciar la invención, sino que, al permitir que los aprendices organicen su ruta formativa y sean protagonistas en el aula, alimenten la autogestión y la responsabilidad en el aprendizaje..

Resulta ser una herramienta eficaz para transformar la educación, promoviendo un aprendizaje activo y muy gratificante, debido a que fomenta la colaboración activa, motiva a los estudiantes, fortalece habilidades críticas y mejora la retención del conocimiento, inclusive ofrece beneficios como la autoconsciencia y adaptación a nuevos desafíos por lo que este enfoque educativo es crucial en la enseñanza moderna, ayudando a reducir el estrés y a lograr resultados académicos positivos en comparación con las metodologías tradicionales.

### 2.3.2 *Optimización Combinatoria Aplicada a la Educación*

#### - **Fundamentos de la optimización combinatoria**

La Optimización, conforme lo indica el Diccionario de la Lengua Española (2025) lo define como al esfuerzo por encontrar la forma idónea de llevar a cabo una tarea, definición que permite concluir que el fenómeno consiste en el progreso en la obtención de la solución más ventajosa, o al menos la que resulta más aceptable, frente a un problema específico (Restrepo & Moreno Velásquez, 2011, p. 178).

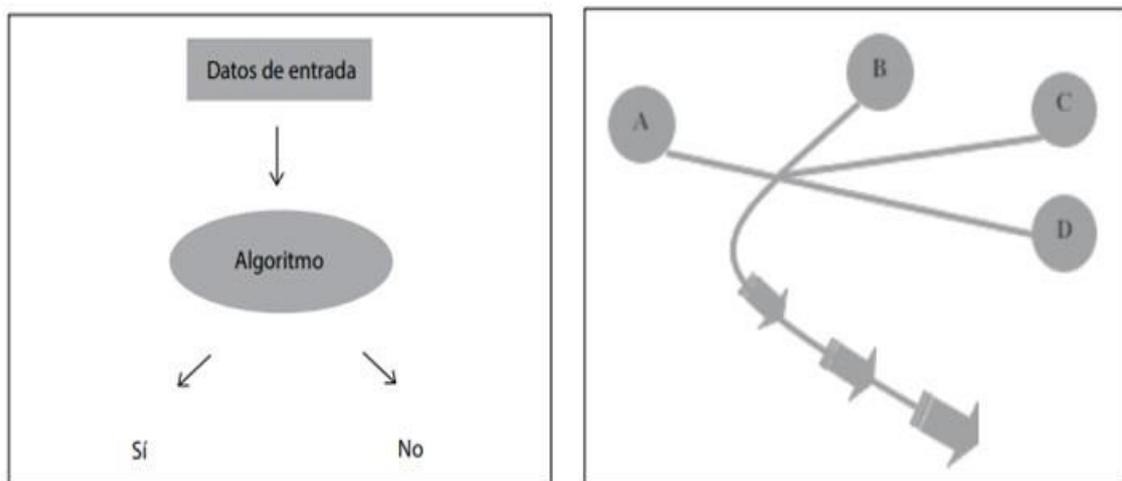
Según señalan Granada Echeverri & Santa Chávez (2016), el campo de la *optimización combinatoria* constituye una de las ramas más recientes y dinámicas dentro del ámbito de las matemáticas discretas, su notable expansión puede atribuirse principalmente a su amplia versatilidad aplicativa, puesto que numerosas situaciones cotidianas pueden reformularse como abstracciones matemáticas pertenecientes a este dominio, adicionalmente, la comunidad científica mantiene un marcado interés en esta disciplina, fundamentalmente debido a la persistencia de múltiples cuestiones pendientes de resolución en el área.

La **optimización combinatoria** establece un campo especializado dentro del marco matemático de la optimización que aborda aquellos desafíos donde el espacio de soluciones posibles resulta extraordinariamente extenso, se caracteriza por enfrentarse a problemas donde las alternativas factibles crecen exponencialmente, haciendo impracticable una búsqueda exhaustiva, esta disciplina opera sobre dos elementos fundamentales: una función objetivo que cuantifica la calidad o efectividad de cada solución potencial, y un conjunto definido de operaciones o movimientos permitidos en cada escenario específico, su propósito central radica en identificar la configuración óptima que minimice o maximice dicha función objetivo, aprovechando eficientemente la información disponible en cada

contexto particular. Esta área de estudio desarrolla técnicas para navegar inteligentemente por espacios de búsqueda masivos, empleando métodos que permiten alcanzar soluciones cercanas al óptimo sin necesidad de evaluar todas las posibilidades. La complejidad inherente a estos problemas impulsa el desarrollo continuo de algoritmos eficientes que puedan encontrar soluciones satisfactorias dentro de restricciones prácticas de tiempo y recursos computacionales (Sanabria Albert, 2022).

**Figura 1**

*Esquema de un problema de decisión*



Fuente: Optimización combinatoria (Cruz Chávez et al., 2022)

*La optimización combinatoria constituye una rama específica de la matemática que tiene un impacto importante en campos como inteligencia artificial, ingeniería de software, ciencia computacional, aprendizaje automático, informática teórica y numerosas otras áreas, manteniendo estrechos vínculos con disciplinas fundamentales como la teoría de complejidad computacional, desarrollo algorítmico e investigación operativa, esencialmente este campo se enfoca en la identificación de valores máximos o mínimos para funciones objetivo cuyos dominios son discretos caracterizados por espacios configuracionales*

extremadamente amplios, aunque, se concentra principalmente en las metodologías para resolver problemas abstractos de optimización, generalmente no proporciona directrices específicas sobre cómo transformar situaciones reales en formulaciones matemáticas abstractas o viceversa, históricamente se remontan a cuestiones relacionadas con la teoría de grafos, como la coloración de aristas en grafos no dirigidos y los emparejamientos en estructuras bipartitas, es así, que sus avances iniciales más significativos deriven directamente de teoremas provenientes de la teoría de grafos y sus correspondientes duales. Después del surgimiento de la programación lineal, la optimización combinatoria extendió su aplicabilidad a problemas específicos como la asignación, el flujo máximo y el transporte, en la actualidad se utiliza principalmente para el estudio y desarrollo de algoritmos, Esta tendencia es particularmente notoria en áreas de frontera como la inteligencia artificial, el aprendizaje automático y la investigación operativa, donde la eficiencia computacional frente a estructuras discretas de elevada complejidad se erige como un requisito determinante. (Simple Science, 2025).

### Formulación General de Problemas de Optimización Combinatoria

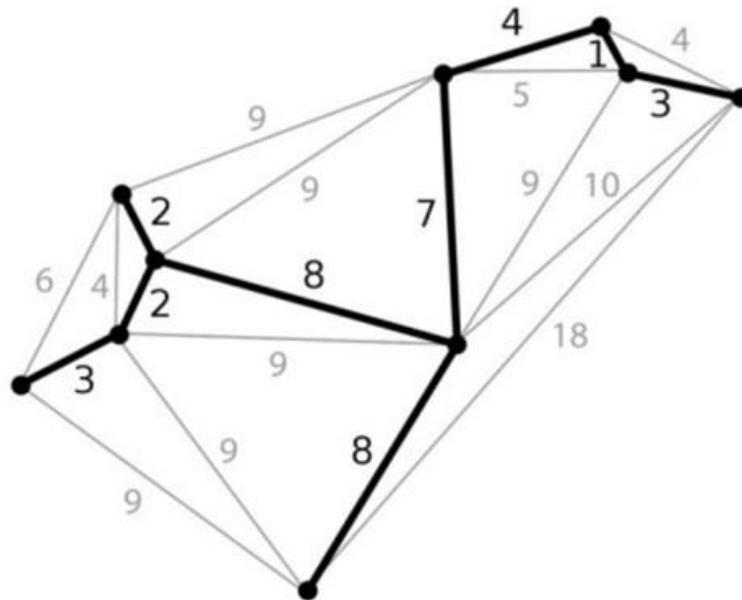
#### Formulación Básica

$$\min_{x \in S} f(x)$$

#### Formulación para maximización

$$\max_{x \in S} f(x)$$

donde S representa el conjunto de soluciones factibles (generalmente finito o numerable)

**Figura 2***Optimización Combinatoria*

Fuente: Wikipedia Optimización Combinatoria (2025)

El amplio campo de la optimización combinatoria se posiciona actualmente en la frontera del conocimiento entre la combinatoria y la ciencia computacional teórica, siendo *utilizada* fundamentalmente para abordar y resolver problemas de optimización de naturaleza discreta mediante la aplicación de técnicas combinatorias específicas, donde estos desafíos de optimización discreta persiguen esencialmente la identificación de la solución óptima dentro de un conjunto acotado de posibilidades, mientras que en el ámbito informático, la optimización combinatoria encuentra su aplicación en el perfeccionamiento algorítmico mediante la implementación de metodologías matemáticas orientadas tanto a la disminución del espacio de soluciones factibles como a la aceleración del proceso de búsqueda en sí mismo, considerando paralelamente la perspectiva combinatoria, esta disciplina se emplea con el propósito específico de reinterpretar cuestiones particularmente complejas en términos de conjuntos finitos de elementos sobre los cuales existe un

conocimiento previo considerable, tales como conjuntos matemáticos, estructuras gráficas, configuraciones politópicas y construcciones matroidales, facilitando así el tratamiento sistemático de problemas discretos mediante herramientas matemáticas avanzadas y permitiendo la identificación de soluciones óptimas en espacios combinatorios complejos a través de métodos analíticos estructurados (Simple Science, 2025).

### **Métodos utilizados**

#### **Exactos**

- Programación Lineal Entera
- Programación Dinámica
- Generación de columnas
- Branch & Bound
- Branch & Cut
- Branch & Cut & Price

#### **(Meta)Heurísticos**

- Algoritmos Genéticos
- Búsqueda Tabú
- Recocido Simulado
- Algoritmos Bio-inspirados
- Inteligencia Artificial
- Métodos Híbridos

En la práctica, los problemas de optimización combinatoria generalmente integran múltiples subproblemas que requieren soluciones discretas. A continuación, se enumeran algunos de los casos más emblemáticos en este campo matemático, aplicando optimización combinatoria (Simple Science, 2025):

**Problema del viajante de comercio (TSP).** – El TSP es, probablemente, el caso más reconocido dentro del universo de la optimización combinatoria. Su descripción involucra un grafo completo compuesto por  $n$  nodos, donde cada arista presenta un valor ponderado asociado. El objetivo principal consiste en construir un recorrido circular que visite cada nodo exactamente una vez, y, al finalizar, la suma de los costos de las aristas recorridas sea la más baja posible. El TSP se categoriza como un problema computacionalmente complejo dentro del área de la optimización combinatoria (Simple Science, 2025).

Formulación con Variables Binarias, Problema del Viajante de Comercio (TSP)

$$\min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

$$\text{sujeto a } \sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, \quad \forall i = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, \quad \forall j = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{i \in S} \sum_{j \in S, j \neq i} x_{ij} \leq |S| - 1, \quad \forall S \subset \{1, 2, \dots, n\}, 2 \leq |S| < n$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\}, \quad \forall i, j = 1, 2, \dots, n$$

**Problema de corte de stock.** - Consiste en determinar la secuencia óptima para dividir rollos de papel de ancho fijo en segmentos de menor ancho requeridos por los clientes, de modo que se procura una reducción máxima del material desperdiciado. Este problema puede ser expresado mediante programación lineal entera, en cuya solución la técnica de generación de columnas se revela como un enfoque particularmente eficiente (Simple Science, 2025).

Formulación básica

$$\min \sum_{i=1}^K y_i$$

sujeto a  $\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq d_i, \quad i = 1, 2, \dots, m$

$$\sum_{i=1}^m b_i x_{ij} \leq B \cdot y_j, \quad j = 1, 2, \dots, K$$

$$x_{ij} \in Z^+, \quad \forall i, j$$

$$y_j \in \{0, 1\}, \quad j = 1, 2, \dots, K$$

donde:

$y_i = 1$  si se usa el patrón de corte  $i$

$x_{ij}$  = número de piezas de tipo  $i$  en el patrón  $j$

$d_i$  = demanda de piezas de tipo  $i$

$B$  = longitud de la barra original

$b_i$  = longitud de la pieza de tipo  $i$

**Problemas de embalaje.** - Estos desafíos pueden considerarse el complemento conceptual de los problemas de corte, tiene por objetivo distribuir elementos de dimensiones reducidas dentro de un espacio de mayor tamaño, maximizando la eficiencia económica del proceso. Los problemas geométricos de empaquetamiento se manifiestan en configuraciones unidimensionales, bidimensionales y tridimensionales (Simple Science, 2025).

Formulación básica

$$\min \sum_{j=1}^n y_j$$

sujeto a  $\sum_{i=1}^m w_i x_{ij} \leq C \cdot y_j, \quad j = 1, 2, \dots, n$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\}, \quad \forall i, j$$

$$y_j \in \{0, 1\}, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

donde:

$y_j = 1$  si se usa el contenedor  $j$

$x_{ij} = 1$  si el ítem  $i$  se coloca en el contenedor  $j$

$w_i$  = peso/volumen del ítem  $i$

$C$  = capacidad del contenedor

Árbol de expansión mínimo (MST). - Constituye otro paradigma fundamental en optimización combinatoria, caracterizado por su relativa simplicidad conceptual, En un grafo no dirigido y conectado, un árbol de expansión es un subgrafo que conservamos en forma de árbol y que, aun así, une todos los vértices del grafo original. Cuando cada arista tiene asignado un valor ponderal, el árbol de expansión mínimo corresponde a aquel cuyo peso total no excede al de cualquier otro árbol de expansión posible (Simple Science, 2025).

Formulación basada en variables binarias para aristas

$$\min \sum_{e \in E} w_e x_e$$

$$\text{sujeto a } \sum_{e \in E} x_e = |V| - 1$$

$$\sum_{e \in E(S)} x_e \leq |S| - 1, \quad \forall S \subset V, S \neq \emptyset$$

$$x_e \in \{0, 1\}, \quad \forall e \in E$$

donde:

$x_e = 1$  si la arista  $e$  está en el árbol

$w_e$  = peso de la arista  $e$

$E(S)$  = conjunto de aristas con ambos extremos en  $S$

**El problema del matrimonio.** - En su forma clásica, este problema busca formar  $n$  parejas entre conjuntos iguales de  $n$  hombres y  $n$  mujeres, de manera que cada pareja esté formada por una persona de cada grupo y que ninguna pareja posible que no esté formada aún tenga una preferencia mutua mayor que la de las parejas que ya están formadas. Cada mujer tiene una lista de preferencias respecto a los hombres, y cada hombre también tiene una lista de preferencias respecto a las mujeres. Dado un conjunto cualquiera de preferencias expresadas por los  $n$  hombres y las  $n$  mujeres, ¿existe una solución posible? ¿Cómo se puede encontrar? El Teorema del Matrimonio de Hall asegura que siempre existe una solución para cualquier situación. Este tipo de problemas se llama problema de emparejamiento, y representa una de las pocas categorías fundamentales donde la optimización combinatoria se localiza una aplicación inmediata (Simple Science, 2025).

Formulación usando variables binarias

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, \quad \forall i = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, \quad \forall j = 1, 2, \dots, n$$

$$x_{ij} + x_{i'j'} \leq 1, \quad \forall (i, j, i', j') \text{ tal que } i \text{ prefiere } j' \text{ a } j \text{ y } j' \text{ prefiere } i \text{ a } i'$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\}, \quad \forall i, j = 1, 2, \dots, n$$

donde  $x_{ij} = 1$  si  $i$  se casa con  $j$

Entre los algoritmos más utilizados para abordar problemas de optimización combinatoria se encuentran:

**El algoritmo de Prim** es una forma de resolver un problema común de optimización combinatoria: diseñado para determinar el árbol de expansión de coste mínimo en un grafo

dado, este algoritmo se basa en dos características importantes de los árboles: que son la forma más simple de conectar todos los puntos sin formar ciclos y que tienen una estructura especial llamada matroidal, sus características permiten usar una estrategia de búsqueda voraz, que se ejecuta de la siguiente manera: (Simple Science, 2025):

- Seleccionar un vértice inicial del grafo.
- Se identifican las aristas que conectan los vértices ya incluidos en el árbol en crecimiento con los vértices no incluidos, y se elige aquella de menor peso, incorporando el vértice adyacente correspondiente al árbol construido
- Repetir el paso anterior hasta que todos los vértices formen parte del árbol

Inicializar:  $Q = V$ ,  $\text{clave}[s] = 0$ ,  $\text{clave}[v] = \infty$  para todo  $v \in V \setminus \{s\}$

Mientras  $Q \neq \emptyset$ :

$$u = \arg \min_{v \in Q} \text{clave}[v]$$

$$Q = Q \setminus \{u\}$$

Para cada  $v \in \text{Adj}[u] \cap Q$ :

Si  $w(u, v) < \text{clave}[v]$ :

$$\text{padre}[v] = u$$

$$\text{clave}[v] = w(u, v)$$

Por su parte, el **Algoritmo de Kruskal** aborda el mismo problema explotando la propiedad de los árboles como grafos máximamente acíclicos. Su funcionamiento puede resumirse en (Simple Science, 2025):

- Ordenar las aristas en orden creciente según su peso, comenzando con un conjunto vacío
- Incorporar secuencialmente la arista de menor peso que no genere ciclos en el conjunto actual

- Continuar este proceso hasta que el conjunto defina completamente un árbol de expansión.

$$A = \emptyset$$

Para cada vértice  $v \in V$ :

Crear-Conjunto( $v$ )

Ordenar las aristas de  $E$  por peso no decreciente:  $w(u_1, v_1) \leq w(u_2, v_2) \leq \dots \leq w(u_m, v_m)$

Para  $i = 1$  hasta  $m$ :

Si Encontrar-Conjunto( $u_i$ )  $\neq$  "Encontrar-Conjunto" ( $v_i$ ):

$$A = A \cup \{(u_i, v_i)\}$$

Unión ( $u_i, v_i$ )

Devolver  $A$

Entre los problemas más conocidos de optimización combinatoria se encuentra el llamado "desafío de la mochila", un ejemplo que muestra la dificultad natural de tomar decisiones al seleccionar cosas con limitaciones. Este desafío presenta una situación donde tenemos varios elementos, cada uno con dos características importantes: su valor (un número que representa lo útil que es) y su peso. Cada elemento tiene un valor que indica cuánto lo quiere la persona que lleva la mochila, lo cual refleja su importancia o beneficio según su propia percepción. El objetivo del problema es encontrar qué conjunto exacto de elementos debe colocarse en la mochila para obtener el mayor beneficio posible, sin exceder la capacidad física que tiene la mochila. La limitación del espacio hace que no se puedan incluir todos los elementos, por lo que es necesario elegir un grupo que sea la mejor opción. El objetivo principal es encontrar la combinación específica que genere el mayor beneficio posible sin exceder el límite de carga permitido, aunque parece una tarea sencilla, en realidad

tiene una dificultad computacional importante, lo que lo convierte en un caso clave para estudiar algoritmos de optimización (Granada Echeverri & Santa Chávez, 2016).

- **Formulación Básica Problema de la Mochila**

$$\max \sum_{i=1}^n v_i x_i$$

$$\text{sujeto a } \sum_{i=1}^n w_i x_i \leq W$$

$$x_i \in \{0,1\}, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

donde:

$v_i$  = valor del objeto  $i$

$w_i$  = peso del objeto  $i$

$W$  = capacidad de la mochila

$x_i$  = variable de decisión (1 si se incluye, 0 si no)

- **Algoritmos Evolutivos Multiobjetivo Paralelos**

Los algoritmos evolutivos multiobjetivo ofrecen una solución práctica para encontrar soluciones a problemas del mundo real, donde los métodos exactos resultan inservibles e inútiles, la clave de esta estrategia es el concepto de dominancia de Pareto, y busca mejorar varios objetivos a la vez, incluso cuando estos se oponen entre sí (Fernandez Giangreco & Barán Cegla, 2025).

- **Función de Aptitud Multiobjetivo:**

La aptitud de una solución  $x$  se evalúa en función de múltiples objetivos

$$f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x).$$

$$\text{Min/Max } F(x) = [f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x)]$$

sujeto a

$$g(x) = (g_1(x), \dots, g_m(x)) \leq 0$$

donde

$$x = (x_1, \dots, x_n) \in \mathcal{X} \subseteq \mathbb{R}^n; y = (y_1, \dots, y_k) \in \mathcal{Y} \subseteq \mathbb{R}^k$$

### **Dominancia de Pareto:**

Una alternativa de solución  $x_1$  se considera dominadora respecto a  $x_2$  cuando se cumple que  $x_1$  es al menos tan buena como  $x_2$  en todos los objetivos y mejor en al menos uno.

$$x_1 < x_2 \text{ si } \forall i f_i(x_1) \leq f_i(x_2) \text{ y } \exists j f_j(x_1) < f_j(x_2)$$

### **Frente de Pareto:**

El conjunto de soluciones que no pueden ser mejoradas simultáneamente en todos los objetivos se conoce como el frente de Pareto  $P$ .

El concepto de Pareto óptimo, matemáticamente formulado, se establece de la siguiente manera:

$$P = \{x \in X \mid \nexists x' \in X: x' < x\}$$

### **Operador de Cruce:**

Dados dos padres  $x_1$  y  $x_2$ , se genera un descendiente y combinando partes de ambos padres.

$$y = \text{crossover}(x_1, x_2)$$

### **Operador de Mutación:**

Se aplica una pequeña alteración a una solución  $x$  para obtener una nueva solución  $x'$ .

$$x' = \text{mutate}(x)$$

En el contexto de las matemáticas aplicadas la *optimización combinatoria* representa una vertiente donde cada problema se caracteriza por manejar espacios de soluciones

exclusivamente discretos constituyéndose así como una rama especializada que mantiene conexiones significativas con la investigación operativa el desarrollo de teorías algorítmicas y los fundamentos de complejidad computacional siendo su principal desafío la exploración de espacios de soluciones habitualmente extensos para los cuales los algoritmos más destacados implementan estrategias innovadoras orientadas tanto a la reducción efectiva del tamaño del universo de búsqueda como al desarrollo de metodologías particularmente eficientes para recorrer dichos espacios optimizados logrando así resolver problemas generalmente considerados de alta complejidad a través de aproximaciones matemáticas estructuradas que permiten identificar soluciones óptimas o cercanas al óptimo dentro de conjuntos discretos aparentemente inabordables por métodos convencionales.

En la convergencia entre las matemáticas discretas y la teoría de la computación, la optimización combinatoria se establece como un ámbito primordial, concentrándose en problemas cuyo espacio de soluciones, aunque discreto, exhibe una expansión exponencial. Esta subdisciplina, que persigue arreglos que maximizan o minimizan funciones objetivas sujetas a restricciones precisas, ha experimentado avances decisivos desde sus fundamentos en la teoría de grafos y ha trascendido a convertirse en un instrumento indispensable en numerosas aplicaciones contemporáneas.

Los problemas emblemáticos como: el problema del viajante de comercio, el dilema de la mochila, los dilemas de corte de stock y embalaje, así como el árbol de expansión mínimo, muestran la variedad de problemas donde esta herramienta es esencial. La dificultad inherente a estas configuraciones ha llevado al diseño de algoritmos sofisticados, entre los que se cuentan los de Prim y Kruskal, los cuales, mediante instrucciones de selección adecuadamente formuladas, operan en dominios de búsqueda de considerable envergadura.

La relevancia actual de la optimización combinatoria trasciende el ámbito puramente teórico, estableciéndose como componente crítico en campos como inteligencia artificial, aprendizaje automático e investigación operativa. Su capacidad para modelar matemáticamente situaciones con restricciones complejas y espacios discretos la posiciona como herramienta esencial para enfrentar desafíos computacionales contemporáneos donde la eficiencia algorítmica resulta determinante.

Las formulaciones matemáticas rigurosas que caracterizan este campo proporcionan un lenguaje universal para abordar problemas de optimización discreta, permitiendo transformar situaciones aparentemente inabordables en modelos susceptibles de análisis sistemático, haciendo de la optimización combinatoria una disciplina en constante expansión cuyas aplicaciones continúan diversificándose en respuesta a las crecientes demandas computacionales de la ciencia moderna.

Las formulaciones matemáticas precisas de esta disciplina ofrecen un lenguaje universal para abordar problemas de optimización discreta, permitiendo transformar situaciones difíciles en modelos analizables de forma sistemática, por lo que la optimización combinatoria, se ha convertido en un área en constante crecimiento, con aplicaciones que se van diversificando a medida que aumentan las demandas computacionales en la ciencia moderna.

La optimización combinatoria se define como la disciplina de la matemática aplicada cuyo objetivo es localizar la solución óptima dentro de un conjunto finito de posibilidades (Simple Science, 2025). Su alcance es amplio, y entre sus diversas aplicaciones destaca el ámbito educativo, donde se utiliza para perfeccionar la distribución de recursos académicos y administrativos (Bertsimas & Tsitsiklis, 1997).

### **3.2 Aplicación de modelos de optimización en la asignación de proyectos**

La asignación eficiente de actividades ABP representa un desafío significativo en entornos educativos, donde la optimización combinatoria ofrece herramientas matemáticas robustas para abordar esta complejidad, estos modelos permiten distribuir tareas, recursos y responsabilidades de manera óptima, maximizando el rendimiento global mientras se respetan diversas restricciones operativas.

Los modelos de optimización representan estructuras matemáticas diseñadas específicamente para respaldar la toma de decisiones fundamentadas, permitiendo maximizar o minimizar funciones objetivo mientras se mantiene estricta adherencia a restricciones predeterminadas. Su aplicación facilita la identificación sistemática de soluciones óptimas en escenarios donde múltiples variables interactúan bajo condiciones limitantes, su valor radica precisamente en transformar situaciones complejas en esquemas analizables que posibilitan identificar soluciones óptimas bajo circunstancias restrictivas específicas (IBM, 2024).

El modelado de optimización constituye una metodología cuantitativa que, a partir de la formulación rigurosa de funciones objetivo y restricciones, permite seleccionar la alternativa más idónea entre múltiples opciones. Su capacidad de identificar soluciones óptimas salvaguardando parámetros establecidos y fines precisos la convierte en una herramienta recurrentemente utilizada en ámbitos académicos heterogéneos. Particularmente, al ser aplicada a la gerencia de proyectos, esta corriente matemática no sólo racionaliza la asignación de recursos, sino que también fortalece el compromiso de los actores involucrados, repercutiendo de manera favorable en los rendimientos académicos. La sistematización en la elección de decisiones más ventajosas transforma el ciclo decisional en una práctica basada en evidencias, que eleva los beneficios, a la par que se ciñe a las

limitaciones propias de cada escenario. Su verdadero aporte consiste en fragmentar situaciones complejas en unidades de análisis manejables, de modo que los vectores de mejora y las oportunidades ocultas se hacen visibles y abordables, oportunidad que una aproximación intuitiva probablemente pasaría por alto (IBM, 2024).

El uso de modelos matemáticos de optimización en la distribución de actividades ABP constituye un avance pedagógico sustancial que persigue la mejora cualitativa de los resultados educativos. Este procedimiento permite distribuir de manera coordinada los diferentes factores que configuran el proceso formativo—tiempo de enseñanza, materiales didácticos, formación del profesorado, espacios físicos y bibliografía—con el objetivo de enriquecer la vivencia educativa. La implementación metódica de tales modelos capacita a las instituciones para erradicar el desperdicio de recursos, elevar los niveles de rendimiento académico y disminuir los gastos operativos, al tiempo que cada propuesta de ABP se modela con precisión conforme a los requerimientos curriculares y a las competencias específicas de los estudiantes que participan en ella (Świtek, 2024).

En el ámbito de la asignación de proyectos, la programación combinatoria se configura como un marco cuantitativo que permite afrontar de forma sistemática la mejora tanto de la motivación como del rendimiento académico del alumnado. Esta metodología permite, entre otras cosas, identificar combinaciones de asignaciones que, en función de criterios previamente definidos, logran acercarse a configuraciones que producen el máximo de rendimiento esperado. La arquitectura básica de tales modelos incluye, en primer lugar, funciones objetivo que traducen los diversos elementos a optimizar en términos matemáticos, tales como la adecuación de las competencias de los estudiantes, la eficacia en la utilización de los recursos disponibles y el nivel de satisfacción de todos los participantes (IBM, 2024).

Este enfoque se fundamenta en expresiones matemáticas denominadas funciones objetivo, que constituyen el núcleo del modelo al cuantificar aquello que se busca maximizar (como la motivación estudiantil o el aprovechamiento académico) o minimizar (como la dispersión de intereses o la desigualdad en la distribución de recursos). Estas funciones trabajan conjuntamente con variables de decisión controlables que determinan las posibles asignaciones entre estudiantes y proyectos (IBM, 2024).

Las restricciones matemáticas del modelo reflejan limitaciones reales del entorno educativo, como disponibilidad de materiales didácticos, capacidades docentes, espacios físicos o requisitos curriculares específicos. Este conjunto de elementos configura un espacio de soluciones factibles dentro del cual se busca la distribución óptima (IBM, 2024).

Para enfrentar la complejidad de los entornos educativos, se pueden recurrir a diversas estrategias de optimización. La optimización estocástica integra la incertidumbre que caracteriza tanto el comportamiento estudiantil como los factores pedagógicos que no son determinísticos. Los modelos no lineales, por su parte, permiten capturar relaciones entre variables educativas que no se ajustan a patrones lineales simples. Cuando las restricciones son escasas, la optimización sin restricciones concede mayor libertad exploratoria. Dado que el tratamiento de estos problemas en contextos educativos reales resulta computacionalmente intensivo, los métodos heurísticos ofrecen soluciones aproximadas que son razonables en tiempo de cálculo, logrando así un balance práctico entre la calidad de las asignaciones y la eficiencia del proceso de toma de decisiones (IBM, 2024).

La implementación de modelos de optimización en la asignación de actividades ABP representa un avance significativo en la gestión educativa contemporánea. Este enfoque matemático trasciende la distribución tradicional basada en criterios subjetivos para establecer un sistema fundamentado en evidencia cuantificable. La convergencia entre la

teoría matemática de optimización combinatoria y las necesidades pedagógicas concretas genera un espacio donde la eficiencia administrativa se alinea con objetivos educativos superiores.

La verdadera fortaleza de estos modelos radica en su adaptabilidad para reflejar la naturaleza multidimensional del entorno educativo. Al establecer funciones objetivo que capturan elementos como la motivación estudiantil, junto con restricciones que representan limitaciones reales de recursos, estos sistemas matemáticos transforman la complejidad inherente del proceso educativo en un problema estructurado susceptible de análisis sistemático. Las diversas metodologías de optimización estocástica, no lineal y heurística ofrecen flexibilidad para abordar la incertidumbre y complejidad propias de cualquier ambiente de aprendizaje.

Más allá de la mera optimización de recursos, tales modelos promueven un clima institucional en el que cada decisión tutorial articula los requerimientos curriculares con las competencias individuales de los alumnos, facilitando el perfeccionamiento de habilidades concretas y elevando de modo notable el rendimiento académico. El porvenir de esta línea investigativa reside en su destreza para armonizar los indicadores cualitativos del aprendizaje con las matrices cuantitativas, de forma que la rigurosa inferencia estadística y la atención a las dimensiones subjetivas del acto formativo coexistan y se refuercen mutuamente.

### ***2.3.3 Análisis de Sensibilidad en la Asignación de Recursos Académicos***

#### **- Concepto y aplicación del análisis de sensibilidad**

El Análisis de Sensibilidad (AS) desempeña un papel distintivo en la teoría de la optimización, ya que permite discernir de qué modo la variación de los parámetros del modelo o del contexto afecta a la naturaleza de las soluciones óptimas. De este modo, el AS

ilumina las consecuencias que los cambios en las entradas pueden acarrear sobre las decisiones finales. En esencia, constituye un instrumento que examina la vulnerabilidad de los modelos a las incertidumbres presentes en las entradas, ofreciendo a los decisores un soporte metodológico robusto sobre el que fundamentar sus elecciones (Zhang, 2024).

Este, constituye un procedimiento metodológico que examina cómo la solución de un problema se modifica cuando se introducen cambios controlados en sus parámetros o estructura fundamental, permitiendo identificar qué variables ejercen mayor impacto en los resultados finales y evaluar la robustez de las soluciones obtenidas frente a condiciones variables (Blabia Girau et al, 2023).

De acuerdo a lo que considera Juan & Faulín (2023) el AS se aplica para investigar cómo las modificaciones en tres componentes específicos del problema afectan los resultados:

1. **Primero**, alterar los coeficientes de la función objetivo no repercute sobre la forma de la región factible, de modo que la base factible inicialmente óptima persiste sin alteración. Sin embargo, el valor óptimo que proporciona la función se ajusta en función de la magnitud y el sentido del cambio aplicado a dichos coeficientes.
2. **Segundo**, introducir modificaciones en los coeficientes tecnológicos, es decir, aquellos que multiplican a las variables en las restricciones y se sitúan a la izquierda de cada desigualdad, afecta de manera esencial la topología de la región factible. En representación gráfica bidimensional, el efecto se traduce en alteraciones en la pendiente de las rectas que limitan las restricciones.
3. **Tercero**, variar los recursos disponibles, aquellos constantes que aparecen a la derecha de cada desigualdad, lleva a un desplazamiento paralelo de las rectas que

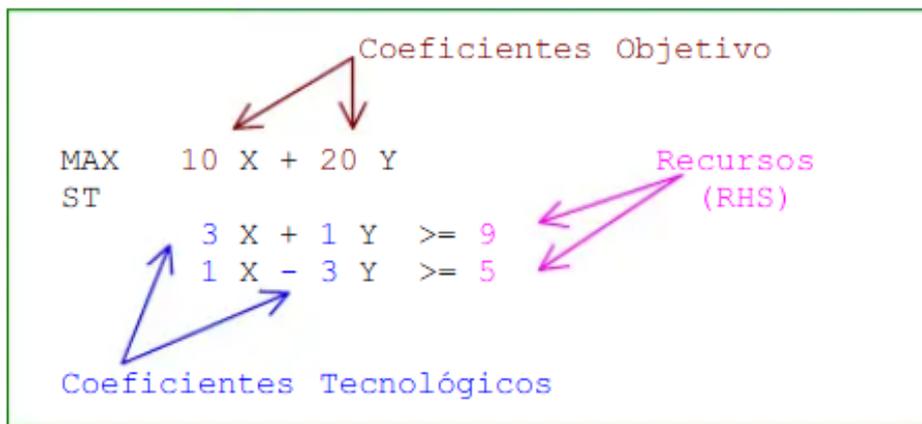
ilustran las restricciones, alterando la forma de la región factible y, en consecuencia, la localización de la solución óptima del problema.

Considerando un problema de programación lineal en su forma estándar:

$$\begin{aligned} &\text{Maximizar} && Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j \\ &\text{Sujeto a} && \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i, i = 1, 2, \dots, m \\ &&& x_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \end{aligned}$$

**Figura 3**

*Modelo de programación lineal*



Fuente: Juan & Faulín, (2023)

El análisis de sensibilidad permite evaluar cuánto varían las soluciones óptimas de un modelo de programación lineal ante alteraciones en los parámetros originales, y se aplica con frecuencia en escenarios prácticos en los que se consideran productos con especificaciones técnicas que vinculaban de forma precisa los insumos empleados y los beneficios marginales que generan (Blabia Girau et al., 2023). En el contexto educativo, y en particular en el diseño del sistema de asignación de proyectos que adopta la metodología de ABP, dicho análisis resulta fundamental para estimar la robustez del modelo de

optimización combinatoria frente a fluctuaciones en las preferencias y competencias de los estudiantes. Esta verificación garantiza que la asignación de proyectos preserve su capacidad para potenciar la motivación y el rendimiento académico, aun cuando se modifiquen los intereses individuales o las destrezas que cada estudiante aporta al proceso.

Zhang (2024) sostiene que el AS contribuye de manera decisiva a varios aspectos fundamentales de la optimización:

- **Optimización de la decisión:** Al señalar qué parámetros inciden de manera decisiva en la solución óptima, permite a los decisores concentrar recursos y esfuerzo en los factores que realmente marcan la diferencia, potenciando la eficiencia del proceso decisional.
- **Fortalece la Robustez del Modelo:** Revela aquellos parámetros que, ante variaciones menores, pueden provocar desviaciones significativas en los resultados. Al identificarlos, los modeladores pueden incorporar en su formulación un tratamiento explícito de la incertidumbre asociada, elevando así la robustez del modelo ante escenarios futuros.
- **Mejora de la Comunicación y Comprensión:** En contextos donde coexisten expertos de distintas disciplinas, proporciona un repertorio común que traduce el impacto de los parámetros en el comportamiento del modelo, favoreciendo el diálogo y la construcción compartida de conocimiento.
- **Orientación de la Recolección de Datos:** Al identificar los parámetros más sensibles, las organizaciones pueden dirigir de manera más eficaz sus recursos a la recolección y procesamiento de datos, priorizando la información que ejerce mayor influencia en los resultados del modelo.

El AS no solo profundiza nuestra comprensión sobre los modelos de optimización, sino que también facilita la adopción de decisiones más fundamentadas y eficaces en contextos complejos y de incertidumbre elevada.

Este recurso se revela esencial en la administración de proyectos educativos porque proporciona un marco para estudiar las fuentes de incertidumbre, las restricciones del medio y los límites del modelo utilizado en la distribución óptima de iniciativas, a través de métodos de optimización combinatoria.

También se conoce como análisis hipotético en este contexto académico, y permite ver con precisión cómo los diversos valores de variables independientes, como características de los estudiantes, recursos disponibles o tipos de proyectos, afectan variables dependientes clave como la motivación del alumnado y su rendimiento académico en la institución (Drew, 2023).

En el ámbito educativo, donde los factores imprevistos pueden afectar la implementación del ABP, se vuelve imperativo incorporar herramientas y metodologías que permitan obtener una proyección futura de la actividad educativa en desarrollo, esto facilita la visualización de escenarios potenciales que podrían manifestarse durante el periodo de implementación del sistema. La implementación de un riguroso AS en las actividades ABP constituye una estrategia fundamental para mantener bajo control los riesgos inherentes al proceso educativo, mientras se aprovechan eficientemente las oportunidades para potenciar el aprendizaje significativo mediante la optimización combinatoria en la asignación de proyectos (Drew, 2023).

La metodología descrita se basa en una alteración controlada y reiterativa de las variables de entrada, realizadas dentro de márgenes definidos, de tal modo que se pueden registrar de manera precisa las variaciones que se producen en la solución del problema de optimización

combinatoria. Esta herramienta analítica, al ser implementada en el contexto educativo de San Gabriel, permite discernir cuáles de los parámetros considerados influyen de forma más contundente en variables críticas tales como la motivación de los estudiantes y el rendimiento escolar, contribuyendo así a la formulación de estrategias más informadas y efectivas en la gestión pedagógica (FasterCapital, 2025).

La integración de este análisis en el sistema de asignación facilita la identificación de los factores cuya interacción produce las variaciones más significativas en los resultados educativos anticipados, tales como las características inherentes a los grupos, la naturaleza de los proyectos y la disponibilidad de recursos pedagógicos. La comprensión de estas dinámicas permite a la institución orientar de manera prioritaria los esfuerzos destinados a perfeccionar y optimizar el modelo de asignación, de modo que la configuración de los proyectos favorezca el potencial de aprendizaje y contenga las dificultades que podrían surgir en la aplicación metodológica del ABP (FasterCapital, 2025)

Resolver diversos problemas en investigación operativa implica desarrollar un modelo cuantitativo, el AS se erige como un eslabón esencial, no solo en la fase de edificación del modelo, sino también en la transmisión de los resultados alcanzados, este análisis brinda información crítica sobre la dinámica del modelo, la configuración de sus componentes y la manera en que varía en respuesta a modificaciones en los parámetros de entrada. La literatura ha acumulado una gran variedad de enfoques y procedimientos para llevar a cabo el análisis de sensibilidad, lo cual ha conducido a una expansión continua y detallada de esta temática en el ámbito correspondiente (Borgonovo & Plischke, 2016):

- **AS Local (derivadas parciales)**

**Coefficiente de Sensibilidad**

El coeficiente de sensibilidad  $S_i$  de un resultado  $Y$  con respecto a un parámetro de entrada  $X_i$  se define como:

$$S_i = \frac{\partial Y}{\partial X_i}$$

**Coefficiente de Sensibilidad Normalizado**

Para comparar diferentes parámetros, utilizamos el coeficiente de sensibilidad normalizado:

$$S_{i,norm} = \frac{\partial Y}{\partial X_i} \cdot \frac{X_i}{Y}$$

- **AS Global**

**Índices de Sobol**

Se consideran, para un modelo  $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$ , las siguientes medidas de sensibilidad: los índices de primer orden de Sobol que se introducen formalmente como:

$$S_i = \frac{V_{X_i} \left( E_{X_{\sim i}}(Y|X_i) \right)}{V(Y)}$$

donde:

- $V(Y)$  es la varianza total del resultado
- $V_{X_i} \left( E_{X_{\sim i}}(Y|X_i) \right)$  es la varianza esperada del resultado  $Y$  cuando solo  $X_i$  varía
- $X_{\sim i}$  representa todos los parámetros excepto  $X_i$

**Índices de Sensibilidad Total**

El índice de sensibilidad total  $S_{T_i}$  mide la contribución de  $X_i$  incluyendo sus interacciones:

$$S_{T_i} = 1 - \frac{V_{X_{\sim i}}(E_{X_i}(Y|X_{\sim i}))}{V(Y)}$$

## **Análisis de Perturbación para Asignación de Proyectos**

### **Medida de Cambio Relativo**

Para evaluar la estabilidad de una solución óptima frente a perturbaciones:

$$\Delta_{rel} = \frac{|f(X + \Delta X) - f(X)|}{|f(X)|} \times 100\%$$

donde  $f(X)$  es la función objetivo del sistema de asignación de proyectos.

### **Elasticidad en la Asignación de Proyectos**

La elasticidad de la función objetivo con respecto a un parámetro específico:

$$E_{X_i} = \frac{\partial f / f}{\partial X_i / X_i}$$

### **Matriz de Sensibilidad para Optimización Combinatoria**

Para un problema de optimización combinatoria con  $n$  variables y  $m$  restricciones, la matriz de sensibilidad se define como:

$$S = \begin{bmatrix} \frac{\partial z}{\partial b_1} & \frac{\partial z}{\partial b_2} & \cdots & \frac{\partial z}{\partial b_m} \\ \frac{\partial x_1}{\partial b_1} & \frac{\partial x_1}{\partial b_2} & \cdots & \frac{\partial x_1}{\partial b_m} \\ \frac{\partial x_2}{\partial b_1} & \frac{\partial x_2}{\partial b_2} & \cdots & \frac{\partial x_2}{\partial b_m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial x_n}{\partial b_1} & \frac{\partial x_n}{\partial b_2} & \cdots & \frac{\partial x_n}{\partial b_m} \end{bmatrix}$$

donde:

- $z$  representa el valor que adopta la función objetivo
- $x_i$  son las variables de decisión
- $b_j$  son los coeficientes que aparecen en la parte derecha de cada restricción

### **Análisis de Umbral de Rendimiento Académico**

Para examinar el efecto en el rendimiento académico se aplica la expresión:

$$\Delta R = \sum_{i=1}^n w_i \cdot \Delta P_i$$

donde:

$\Delta R$  es el cambio en el rendimiento académico

$w_i$  es el peso del proyecto  $i$

$\Delta P_i$  es el cambio en el valor del proyecto  $i$

Indicador de Robustez de Asignación

Para evaluar la robustez de una asignación de proyectos:

$$IR = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( 1 - \frac{\sigma_i}{\mu_i} \right)$$

donde:

- $\sigma_i$  es la desviación estándar del resultado del proyecto  $i$  bajo perturbaciones
- $\mu_i$  es el valor esperado del resultado del proyecto  $i$ .

- **Cómo funciona el AS en la Asignación de Recursos Académicos**

El desarrollo de un procedimiento metodológico sistemático resulta esencial para calibrar la eficacia de los modelos de optimización combinatoria cuando son implementados en contextos educativos. Esta metodología facilita la identificación de aquellas variables determinantes cuyas variaciones ejercen un impacto significativo en la motivación estudiantil y, posteriormente, en el desempeño académico. Al caracterizar y jerarquizar dichos factores, el procedimiento orienta la planificación estratégica de la distribución de recursos educativos, de tal modo que se maximice la probabilidad de generar entornos de aprendizaje que potencien tanto el interés de los alumnos como los resultados evaluativos. A través de su aplicación rigurosa, se abre la posibilidad de fundamentar decisiones que, sustentadas en evidencia, contribuyan a la mejora continua de los procesos educativos.

El proceso de implementación del AS en el contexto educativo sigue una estructura sistemática, inicialmente, se identifican las variables pedagógicas determinantes que podrían influir en los resultados educativos, como las preferencias temáticas de los estudiantes, la composición de los grupos de trabajo, la disponibilidad de recursos didácticos o las competencias previas de los alumnos (León Auris, 2024).

Posteriormente, se fijan intervalos de posibles valores para cada variable, lo que hace posible la simulación de escenarios controlados. Por ilustrar, un incremento del 15% en el interés por un contenido específico puede modificar el nivel de motivación de los alumnos en un sentido cuantificable. Tal procedimiento clarifica las trayectorias causales que ligan las variables pedagógicas con los resultados académicos (Miranda-Núñez, 2022).

A continuación, se cambia una variable a la vez, manteniendo las demás iguales, para ver cuál es el impacto exacto de esa variable en los resultados educativos. Durante este proceso, se documentan meticulosamente las fluctuaciones en los resultados, revelando la sensibilidad de cada indicador frente a los cambios paramétricos.

El análisis comparativo continuo de estos hallazgos permite discernir qué variables producen efectos más significativos sobre metas pedagógicas fundamentales, tales como el aumento de la motivación de los estudiantes y la optimización de los resultados de aprendizaje.

Esta aplicación específica del AS proporciona a los gestores educativos información crucial para refinar el sistema de asignación de proyectos ABP, priorizando la optimización de aquellos factores que demuestran mayor impacto en los objetivos pedagógicos establecidos.

**En conclusión:**

El AS se configura como un pilar fundamental en la creación de sistemas de asignación de actividades ABP en contextos educativos. Como se ha explorado a lo largo de esta investigación se ha evidenciado que esta técnica permite desglosar cómo modificaciones en los parámetros del modelo traducen variaciones en los resultados, lo cual brinda un andamiaje riguroso para decisiones didácticas informadas.

Con referencia concreta a la UEMOP, la aplicación de métodos de AS facilita la identificación de los determinantes que, ya sean atributos de los estudiantes, recursos disponibles o configuraciones de los proyectos, inciden de manera más decisiva en la motivación y en el rendimiento. Tal comprensión resulta imprescindible para ajustar la asignación de proyectos ABP en la necesidad de garantizar la sostenibilidad y la pertinencia del sistema frente a posibles alteraciones de las condiciones iniciales.

Los distintos métodos estudiados, desde los coeficientes de sensibilidad hasta los índices de Sobol, dan distintas formas de evaluar cuán resistente es el modelo ante incertidumbres, particularmente relevante resulta el indicador de robustez de asignación, que permite cuantificar la estabilidad de las soluciones propuestas ante perturbaciones en el entorno educativo.

Esta investigación pone de manifiesto que el AS, no solo proporciona una perspectiva más clara sobre el modelo de optimización combinatoria, sino que también actúa como un puente comunicativo entre los diversos integrantes de la comunidad educativa, orienta la recopilación de datos pertinentes de forma más eficaz y refuerza la elaboración de decisiones basadas en evidencia en un entorno donde la motivación y el rendimiento académico son, respectivamente, los fines y las métricas fundamentales del proceso formativo.

### **2.3.4 Estudios previos sobre AS en educación**

Investigaciones recientes que han empleado el AS orientados a la mejora de la gestión educativa se describen a continuación:

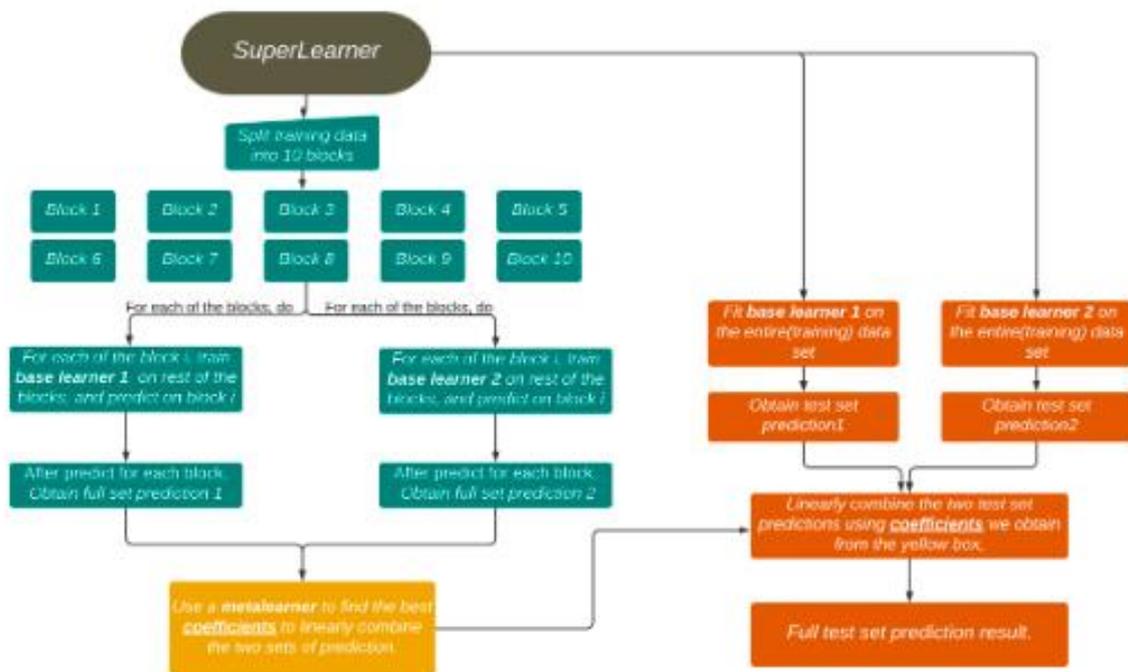
Un estudio de Martínez Iriarte (2021) usó el AS para estudiar la relación entre la titulación universitaria y los niveles de ingresos laborales, considerando simultáneamente diferentes programas dirigidos a incrementar el número de graduados universitarios. El autor delimitó cuantiles de la distribución salarial hipotética y, a partir de estos, verificó la robustez de conclusiones clave ante variaciones en los parámetros del modelo. El análisis empírico reveló que una política educativa centrada en los sectores de menores ingresos puede reducir de manera significativa las diferencias entre salarios, aun en presencia de un marcado sesgo de selección en la base de datos. Este hallazgo pone de relieve la necesidad de orientar las intervenciones educativas hacia grupos sociales vulnerables, identificándolas como un instrumento eficaz para la mitigación de las desigualdades económicas y sociales.

El artículo de Shao et al. (2022) enfatizan que la selección de los estudiantes más adecuados es un elemento crítico para la sostenibilidad y el desarrollo de las universidades. Este estudio emplea estrategias de aprendizaje automático para dotar a los comités de admisión de un soporte decisonal fundamentado en datos, cuyo alcance normalmente se vería limitado por la complejidad y el volumen de la información. Los investigadores integran un esquema de aprendizaje conjunto, basado en el algoritmo SuperLearner, que simultáneamente estima la probabilidad de admisión de un estudiante y su probable rendimiento académico, logrando así una superioridad en la precisión de las predicciones y atenuando la sub o sobrecarga de matrículas. Se introduce, paralelamente, un marco de optimización combinatoria que incorpora el desempeño académico junto a variables de carácter experiencial en el diseño de la clasificación y selección de candidatos; a este

propósito se recurre al recocido simulado, cuyo impacto se valida a través de un estudio de rendimiento académico longitudinal y análisis de sensibilidad. El marco propuesto ilustra un procedimiento que, partiendo de metas académicas y experienciales definidas por la misma institución, permite la conformación de una cohorte que maximiza la tasa de graduación esperada y genera un índice de elegibilidad. Por último, se anexa un conjunto de funciones en R para que académicos y administradores de educación superior puedan adaptar las técnicas en contextos específicos.

**Figura 4**

*Diagrama de flujo para el algoritmo SuperLearner*



Fuente: Shao et al (2022)

En su Trabajo de Fin de Grado, Lanza Méndez (2025) subraya que el trabajo colaborativo ha adquirido centralidad en el mercado profesional, donde la creciente complejidad de los proyectos exige la combinación de saberes diversos que raramente puede proporcionar un solo individuo. Con miras a asegurar que los futuros graduados se

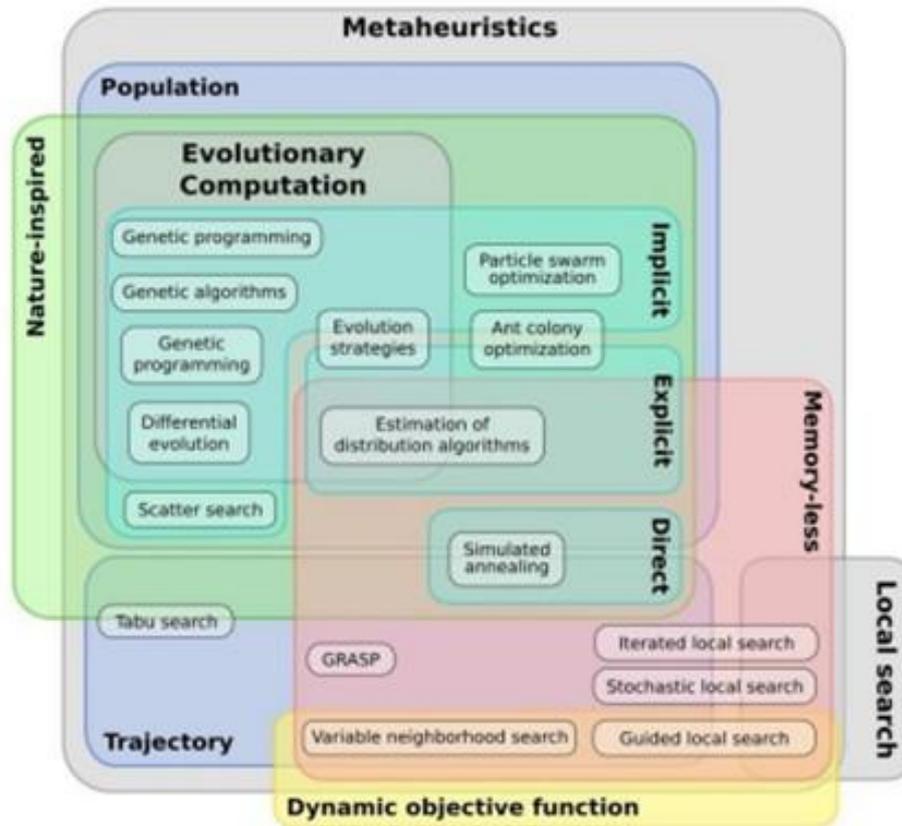
familiaricen con esta modalidad de desempeño, las facultades han integrado a sus currículos actividades grupales orientadas a cultivar competencias de cooperación y comunicación. No obstante, el mero enunciado de esta práctica no garantiza su eficacia. Para maximizar el aprendizaje colaborativo resulta aconsejable constituir los equipos de forma estratégica, basándose en premisas como la teoría de los roles de Belbin o la heterogeneidad de género, de modo que se incrementen las posibilidades de que el equipo se torne en un microecosistema de aprendizaje rico y equilibrado. Sin embargo, la asignación manual de los componentes del equipo se vuelve prohibitiva a medida que el número de participantes crece, debido a la explosión combinatoria que esto genera. Desde la óptica algorítmica, el problema puede desembocar en altos costos computacionales a no ser que se apliquen métodos que optimicen la búsqueda de soluciones. Este trabajo se orienta precisamente a explorar tales alternativas, centrándose en las metaheurísticas como estrategias que, mediante búsqueda anidada y exploración dirigida, prometen hallar soluciones en plazos aceptables. Se eligen, de un lado, un algoritmo genético y, de otro, el esquema GRASP, herramienta que, pese a su versatilidad en problemas de diseño, carece de validación extensa en el ámbito educativo. La investigación presenta, además, un análisis comparativo de los perfiles de rendimiento de ambos, cubriendo así un vacío apreciable en la literatura existente.

Con el propósito de apreciar el desempeño de las metaheurísticas aplicadas a la conformación de equipos, se ensayan diversos contextos de sala de clases; los hallazgos revelan que ambas estrategias producen configuraciones adecuadas en tiempos que no exceden el minuto. Si bien el algoritmo genético conserva su pertinencia, el enfoque GRASP sobresale por la celeridad de su convergencia, alcanzando resultados en no más de cinco segundos, y por ende, se comporta de forma más eficiente en este escenario. Complementariamente, se han integrado métodos de optimización combinatoria y un

análisis de sensibilidad que permiten depurar las soluciones y validar la robustez de las combinaciones alcanzadas.

**Figura 5**

*Taxonomía de la metaheurística*



Fuente: Lanza Méndez (2025)

En resumen, el AS se ha consolidado como un recurso valioso en el ámbito educativo, facilitando la formulación de decisiones más precisas y la mejora de múltiples procesos. Investigaciones recientes, como las de Martínez Iriarte (2021), Shao et al. (2022) y Lanza Méndez (2025), ilustran su aplicación en esferas diversas, tales como la correlación entre formación académica y niveles salariales, el diseño de procedimientos de admisión y la conformación de grupos de estudio. Estas aportaciones ponen en evidencia la necesidad de integrar enfoques fundados en datos y algoritmos de rendimiento contrastado para

abordar la complejidad inherente a los sistemas educativos. Los hallazgos ponen de manifiesto que, al combinar AS con técnicas de optimización combinatoria y modelos de aprendizaje automático, es posible avanzar en la formulación de políticas más precisas, en la gestión eficiente de los procesos de admisión y en la creación de ambientes de aprendizaje que promuevan la colaboración y la equidad. La adopción de estas estrategias no sólo maximiza la asignación de recursos, sino que también dota a los estudiantes de competencias necesarias para el entorno profesional contemporáneo, favoreciendo un aprendizaje que articula el desarrollo de saberes, habilidades y actitudes.

### ***2.3.5 Conclusiones***

La experiencia educativa ratifica que el ABP constituye una metodología capaz de transformar el proceso de enseñanza-aprendizaje, orientándolo hacia el fomento del pensamiento crítico, la autonomía del alumnado y el trabajo colaborativo. Esta metodología se asocia con un aumento significativo del interés estudiantil y de los rendimientos académicos (Mendoza Sifuentes et al., 2024; Meza Morales et al., 2019). Sin embargo, el impacto positivo depende crucialmente de cómo se distribuyen las tareas entre los participantes (IBM, 2024). Los modelos matemáticos de distribución y el AS ofrecen herramientas valiosas para perfeccionar esta asignación, garantizando que cada estudiante reciba retos acordes a sus capacidades e intereses personales (Cruz Chávez et al., 2022). Diversos estudios respaldan que una distribución optimizada mejora sustancialmente tanto la experiencia formativa como los logros académicos (Paredes-Curin, 2016; Shao et al., 2022; Lanza Méndez, 2025).

Desde que surgió en la Universidad de McMaster hace más de cincuenta años, el ABP ha evidenciado su valor para desarrollar habilidades reflexivas, independencia y trabajo colaborativo (Barrows, 1996; Vargas Vera et al., 2023). Su expansión a diversos campos del

conocimiento confirma su validez como enfoque educativo (Julca-Asto & Duran-Llano, 2022), aunque persiste el desafío de personalizar adecuadamente las asignaciones mientras se mantiene la equidad entre participantes.

La optimización combinatoria aporta soluciones estructuradas a este reto, mediante la creación de funciones que buscan maximizar factores clave como el entusiasmo y el aprendizaje, considerando limitaciones prácticas y diferencias individuales (Restrepo & Moreno Velásquez, 2011; Sanabria Albert, 2022). La variedad de aproximaciones disponibles desde métodos exactos hasta aproximaciones heurísticas y metaheurísticas permite abordar eficazmente situaciones con múltiples variables y amplio espacio de posibilidades (engati Simple Intelligent, 2024).

Complementariamente, el AS fortalece el sistema al permitir entender cómo los cambios en diferentes factores sean preferencias individuales o disponibilidad de recursos afectan los resultados finales (Juan & Faulín, 2023; Zhang, 2024). Esta perspectiva facilita identificar los elementos más influyentes y desarrollar estrategias que preserven la efectividad ante circunstancias cambiantes o imprevistas (Blabia Girau et al, 2023; Drew, 2023; FasterCapital, 2025).

El AS desempeña un rol crucial en la validación de estos modelos, al identificar qué variables influyen significativamente sobre los resultados y evaluar la robustez de las soluciones propuestas frente a escenarios cambiantes (Juan & Faulín, 2023; Zhang, 2024). Su incorporación permite fortalecer los sistemas educativos al anticipar el impacto de la incertidumbre y facilitar ajustes estratégicos informados (Blabia Girau et al, 2023; Drew, 2023; FasterCapital, 2025).

Estudios recientes respaldan la utilidad de integrar optimización y AS en la educación. Por ejemplo, investigaciones de Shao et al. (2022) y Lanza Méndez (2025)

demonstraron que algoritmos como SuperLearner y GRASP mejoran los procesos de selección y conformación de equipos, e igual manera, Martínez Iriarte (2021) demostró que la educación puede incidir positivamente en la movilidad social cuando se aplica AS para diseñar políticas focalizadas.

Las aplicaciones previas que integran ABP, optimización y AS evidencian mejoras considerables en aspectos motivacionales, resultados académicos y distribución equitativa en procesos selectivos. Estos resultados sugieren que implementar un sistema análogo a la UEMOP permitiría asignaciones más justas y motivadoras, así como una mejora significativa en el desempeño académico gracias a decisiones informadas y personalizadas. Esto posicionaría al ABP como una estrategia educativa de alto impacto y fácil de replicar.

## Capítulo 3

### Diseño Metodológico

#### 3.1 Enfoque de la Investigación

##### 3.1.1 *Investigación Cuantitativa:*

La investigación que se presenta adopta un planteamiento cuantitativo, sustentándose predominantemente en datos numéricos y en el tratamiento estadístico para orientar tanto el análisis como la fundamentación de las conclusiones (Creswell, 2022). Tal orientación resulta pertinente en investigaciones de carácter aplicado, en las que el propósito es cuantificar efectos concretos, como las variaciones registradas en la motivación de los estudiantes o en los indicadores de rendimiento académico posteriores a la introducción de una intervención pedagógica.

El diseño cuantitativo se fundamenta en la recolección sistemática de información mediante instrumentos estructurados, como encuestas Likert y cuestionarios cerrados, permitiendo así el procesamiento estadístico de las respuestas obtenidas. Esta metodología permite establecer patrones generales en el comportamiento del grupo estudiado y facilita la comparación entre distintos grupos o momentos del estudio (Hernández-Sampieri et al., 2022).

Si bien el eje principal del estudio es de naturaleza cuantitativa, se integran instancias cualitativas en etapas decisivas, tales como las entrevistas semiestructuradas y la observación directa en el aula, lo cual produce un diseño metodológico mixto. En esta configuración, las narrativas y los indicadores cualitativos corroboran y matizan la lectura de los datos cuantitativos, aportando una visión más matizada del entorno pedagógico específico en el que se sitúa la investigación (Bagur-Pons et al., 2021).

Como explica Tamayo & Tamayo (2020), “la combinación de enfoques no solo enriquece el proceso investigativo, sino que también permite validar hallazgos desde múltiples perspectivas” (p. 77). Por ello, este estudio opta por un enfoque complementario, sin perder la rigurosidad del modelo matemático que sustenta el sistema de asignación optimizada de proyectos ABP.

Este enfoque responde coherentemente al tipo de investigación planteado-aplicada y experimental, ya que busca proponer soluciones prácticas y evaluar su efectividad con base en evidencia empírica y análisis objetivo de los resultados obtenidos (Creswell, 2022).

## **3.2 Método**

### **3.2.1 Métodos Específicos para la Investigación**

#### **- Métodos Lógicos.**

**Método Lógico Deductivo:** Esta investigación aplicará este enfoque para inferir cómo la implementación de un sistema optimizado de asignación de proyectos ABP puede potenciar la motivación y el rendimiento académico de los estudiantes. Partimos de postulados generales en teoría educativa y principios de optimización combinatoria que sirven de marco para el análisis..

**Método Hipotético-Deductivo:** Deliberaremos proposiciones sobre el efecto de la asignación optimizada de proyectos ABP en motivación y rendimiento académico. A raíz de ello, diseñaremos experimentos que implementan el sistema, de modo que podamos contrastar los resultados con un grupo control, a fin de verificar cada hipótesis.

- **Métodos Empíricos**

**Método de Observación Científica:** Se llevará a cabo un programa de observación en el aula que registrará la interacción de los alumnos con los proyectos asignados y la estrategia docente en la gestión de los mismos, esta actividad permitirá la obtención de datos tanto cualitativos como cuantitativos sobre la puesta en práctica del sistema optimizado..

**Método de Medición:** Se aplicarán encuestas estructuradas, junto con evaluaciones de rendimiento, para cuantificar variables como motivación, rendimiento académico y satisfacción estudiantil, tomando como momentos comparativos los periodos precedentes y posteriores a la ejecución del sistema optimizado.

**Método de Comparación:** Se medirá la eficacia educativa comparando el rendimiento académico y la motivación de los estudiantes en el grupo experimental, que utiliza el sistema de asignación optimizado, frente a los del grupo control, que opera con el sistema de asignación tradicional. Esta confrontación directa permitirá valerse de parámetros comunes para juzgar la superioridad del nuevo enfoque.

**Método de Análisis Causal:** Se examinará el modo en que la asignación optimizada de proyectos ABP origina variaciones en la motivación y el rendimiento académico, identificando de este modo los vínculos causales que estructuran dichas variaciones. Este enfoque explicativo propiciará la localización precisa de los mecanismos de transformación que origina el nuevo sistema.

**Método de Estudio de Caso:** Se diseñará un conjunto de estudios de caso con estudiantes seleccionados en virtud de criterios de variabilidad para capturar, de manera densa, las trayectorias de motivación y rendimiento académico que todavía el nuevo sistema promueve. Se atenderá a la interacción entre las características individuales del alumnado y los factores contextuales que enmarcan la actividad educativa.

En resumen, la articulación de métodos lógicos con estrategias de recolección empírica producirá una imagen exhaustiva del impacto que la asignación optimizada de proyectos ABP ejerce sobre el quehacer escolar en la UEMOP. Esta sinergia permitirá compilar y analizar datos tanto cualitativos como cuantitativos, asegurando una valoración exhaustiva y metodológicamente robusta de la propuesta. La consignación ordenada de los resultados derivará en recomendaciones prácticas fundamentadas, orientadas a la elevación de la calidad educativa y al fortalecimiento de la motivación estudiantil.

### **3.3 Diseño de la Investigación**

#### **3.3.1 Según el Periodo en que se Realiza:**

- **Investigación longitudinal:** La investigación se llevará a cabo durante el ciclo escolar 2024–2025, lo que habilita un enfoque longitudinal. Esta perspectiva permitirá seguir la evolución de la motivación y del rendimiento académico de los estudiantes en función de la aplicación del sistema optimizado, analizando variaciones y patrones a lo largo de todo el año escolar (Creswell, 2022).

### **3.4 Tipo de investigación**

El presente trabajo se clasifica como investigación aplicada. Su propósito principal no se limita a describir o explicar fenómenos en el ámbito educativo, sino a formular intervenciones concretas dirigidas a resolver problemas específicos que emergen en

el contexto de la escuela (Hernández–Sampieri et al., 2022). En particular, se pretende abordar la asignación no sistemática de actividades de ABP, situación que, se argumenta, puede incidir negativamente en la motivación de los estudiantes y en sus resultados académicos.

Esta investigación se sostiene, ante todo, en un enfoque aplicado que articula modelos teóricos y constructos matemáticos en la formulación de un sistema de optimización funcional. La validez del modelo se demuestra a través de su materialización concreta en la UEMOP, situada en San Gabriel, provincia del Carchi. De este modo, los resultados generados trascienden la dimensión especulativa del saber y se traducen en intervenciones directas en el contexto pedagógico local (Creswell, 2022), garantizando que el conocimiento producido se someta a un ciclo de retroalimentación y ajuste práctico..

### **3.5 Nivel de Investigación**

#### **3.5.1 Según el Objetivo de la Investigación:**

- **Investigación aplicada:** La finalidad primordial reside en implementar un sistema de asignación óptima de proyectos en el contexto educativo de la institución, con el propósito de elevar la motivación y el rendimiento académico de los discentes. La indagación se orienta, por tanto, a la resolución de problemas prácticos y concretos, desestimando la formulación de teorías o de saberes de carácter general. En este caso, la atención se dirige a la mejora del proceso de enseñanza–aprendizaje a través de técnicas de optimización combinatoria (Hernández et al., 2020), y la investigación aplicada permitirá la formulación de recomendaciones fundamentadas en los resultados alcanzados.

### 3.5.2 *Según el Nivel de Profundización en el Objeto de Estudio*

- **Investigación descriptiva:** Esta investigación incluirá un componente descriptivo orientado a caracterizar el impacto de la asignación optimizada de actividades de ABP en la dinámica educativa de la institución. A través de entrevistas semiestructuradas y encuestas estructuradas, se recogerán las percepciones de estudiantes y docentes sobre la eficacia y las ventajas del sistema, lo que permitirá elaborar un perfil detallado del proceso y sus repercusiones en la motivación y el rendimiento académico (Hernández et al., 2020)..

### 3.5.3 *Según el Grado de Manipulación de las Variables*

- **Investigación Experimental:** Se diseñará un experimento en el que, simultáneamente, la sensibilidad del modelo y la optimización combinatoria serán integradas. Se aplicará el nuevo sistema de asignación de proyectos a un conjunto de estudiantes, mientras que a otro grupo, considerado control, se le mantendrá el procedimiento habitual. A través de esta comparación, se observará el efecto del sistema sobre el rendimiento y la motivación, permitiendo inferir de forma rigurosa cómo la estrategia de optimización incide en los resultados académicos. (Hernández et al., 2020).

### 3.5.4 *Según el Tipo de Inferencia*

- **Investigación de método deductivo:** Se partirá de principios generales sobre los efectos del sistema de asignación ABP en los resultados educativos para extraer, mediante razonamiento deductivo, afirmaciones concretas acerca del rendimiento académico de los alumnos de Montúfar. Este procedimiento permitirá comprobar de manera rigurosa la hipótesis formulada (Hernández et al., 2020).

### 3.6 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

#### 3.6.1 Técnicas

- **Entrevista:**

Se aplicarán entrevistas semiestructuradas a un grupo representativo de docentes y estudiantes del BGU, estas entrevistas tienen como finalidad explorar en profundidad aspectos cualitativos relacionados con la experiencia pedagógica, tales como:

- Valoración personal del nuevo sistema de asignación de actividades ABP basado en optimización.
- Dificultades percibidas durante su implementación.
- Recomendaciones prácticas para ajustar el modelo propuesto.

Este tipo de entrevista permite capturar dimensiones subjetivas e interpretativas que no son fácilmente medibles mediante instrumentos cuantitativos, fortaleciendo así la comprensión integral del impacto del sistema (Hernández-Sampieri et al., 2022).

- **Encuesta:**

Con el propósito de recopilar datos cuantitativos que resulten comparables, se elabora e implementa una encuesta estructurada dirigida tanto a estudiantes como a docentes. Esta herramienta contiene preguntas cerradas y de opción múltiple, orientadas a cuantificar::

- La motivación estudiantil antes y después de la implementación del sistema de asignación optimizada.
- La valoración del profesorado sobre la eficacia del sistema respecto al rendimiento académico y a la organización de los proyectos.

Las encuestas, que se distribuirán de forma digital, se sustentan en escalas de Likert y en preguntas de selección múltiple, de modo que su estructura permita la posterior aplicación de técnicas de análisis estadístico que validen los resultados obtenidos (Tamayo & Tamayo, 2020).

- **Observación directa:**

Como complemento a los instrumentos anteriores, se realizará una observación sistemática durante la implementación del sistema de asignación optimizada de actividades ABP en las aulas, este procedimiento permitirá registrar in situ cómo se adapta el alumnado al nuevo enfoque y cómo se gestiona el trabajo colaborativo dentro del entorno escolar.

Los registros de campo se centrarán en aspectos como:

- Interacción del alumnado con el proyecto asignado.
- Compromiso activo durante los períodos de trabajo grupal.
- Facilitación por parte del docente.

Este método garantiza la obtención de una visión contextual y situada del funcionamiento del dispositivo, validando o enriqueciendo los hallazgos generados por los instrumentos precedentes.

La convergencia de los métodos descritos permitirá la recolección de datos de naturaleza cualitativa y cuantitativa, consequenceando un análisis exhaustivo de los efectos del sistema optimizado sobre la motivación y el rendimiento académico del alumnado.

### **3.7 Procedimientos de recolección de información**

El proceso de recolección de información se estructurará en tres fases secuenciales:

### **3.7.1 Fase 1 – Diagnóstico inicial:**

Se implementará un instrumento de encuestas preliminares dirigido a toda la muestra del BGU complementado con entrevistas iniciales a un conjunto de docentes considerados clave. Esta estrategia permitirá articular un diagnóstico sobre las expectativas, los intereses y las percepciones generales que la comunidad educativa articula en torno a las actividades fundamentadas en las actividades ABP.

### **3.7.2 Fase 2 – Implementación del sistema optimizado:**

Asignación de proyectos usando el modelo desarrollado, con recolección de datos durante el desarrollo de los mismos, además incluye observación en aula y seguimiento continuo.

### **3.7.3 Fase 3 – Evaluación post-implementación:**

Aplicación de encuestas finales y entrevistas de síntesis para contrastar los cambios en motivación, rendimiento y satisfacción con respecto al diagnóstico inicial.

La triangulación de estas técnicas asegura una base sólida de datos cualitativos y cuantitativos, permitiendo validar los hallazgos desde distintas perspectivas y garantizando una evaluación rigurosa del sistema propuesto.

### **3.7.4 Instrumentos**

#### **3.7.5 Instrumentos de recolección de datos**

Con el fin de obtener información de manera rigurosa y organizada, se han previsto el diseño y la implementación de tres herramientas fundamentales:

- **Cuestionario estructurado para estudiantes**

Este instrumento se centrará en medir las preferencias estudiantiles en relación con las actividades ABP, así como su nivel de motivación y percepción del impacto del sistema optimizado. Incluirá preguntas sobre (Cerda, 2019):

- Intereses temáticos (ambiente, tecnología, cultura, salud, sociedad)
- Estilos de aprendizaje (visual, auditivo, lector/escritor, kinestésico)
- Roles preferidos en trabajo colaborativo (líder, investigador, comunicador, etc.)
- Autoevaluación de competencias clave (pensamiento científico, resolución de problemas, uso de tecnología, etc.)
- Nivel de satisfacción con el proyecto asignado
- Rendimiento académico previo en materias relacionadas

El cuestionario se aplicará digitalmente mediante Google Forms o Microsoft Forms, usando escalas Likert y preguntas de opción múltiple, permitiendo un procesamiento rápido y cuantificable de los resultados.

- **Guía de entrevista semiestructurada para docentes**

Se elaborará una guía de entrevista enfocada en recoger opiniones cualitativas sobre el proceso de asignación de actividades ABP, desde la perspectiva pedagógica.

Contiene preguntas abiertas y cerradas sobre:

- Experiencia con el sistema actual de asignación de proyectos
- Observaciones sobre el desempeño estudiantil y la participación
- Percepción del impacto del sistema propuesto en la motivación y rendimiento
- Recomendaciones para ajustar el modelo
- Facilidad de implementación dentro del currículo institucional

Esta guía se empleará en las entrevistas semiestructuradas dirigidas a docentes que ejercen en el bachillerato general unificado, y está diseñada bajo un esquema flexible que faculta la indagación sobre dimensiones que escapan a la

medición cuantitativa de encuestas, con el fin de alcanzar una aprehensión más matizada del entorno educativo (Hernández-Sampieri et al., 2022)..

- **Lista de cotejo para observación en aula**

En la fase de observación directa, se empleará un instrumento de verificación que permita anotar de forma estructurada los aspectos críticos que surgen durante el desarrollo de las actividades de los actividades ABP bajo el nuevo sistema. Los indicadores que guiarán la recogida de datos son los siguientes:

- Inmersión activa del alumnado en la temática del proyecto
- Intensidad de implicación y solidaridad en la dinámica de grupo
- Adaptación al proyecto asignado
- Desempeño general y avance del grupo
- Obstáculos identificados durante la implementación

La lista de cotejo servirá como herramienta estandarizada para sistematizar la información obtenida durante las visitas a las aulas, facilitando la comparación entre grupos y proyectos.

- **Diario de campo**

Adicionalmente, se mantendrá un diario de campo durante toda la implementación del sistema, donde registraré impresiones, hallazgos inesperados y observaciones complementarias. Este cuaderno complementará los datos cuantitativos, identificando factores contextuales que no siempre son evidentes y validando los resultados que las encuestas y los estadísticas arrojan. Su carácter narrativa y reflexivo ofrecerá una capa adicional de análisis, permitiendo captar matices que el solo número no expresa.

El cruce de este diario, las encuestas y el análisis estadístico garantizará una comprensión del sistema de asignación optimizada de actividades ABP, que integra dimensiones objetivas y subjetivas. Esta triangulación no solo robustece la fundamentación empírica, sino que también da lugar a una interpretación más matizada de los efectos que la asignación tiene sobre la motivación y el rendimiento académico de los estudiantes.

Las técnicas y los instrumentos, cuando se aplican de manera simultánea y coordinada, proporcionan una mirada holística y profunda al tránsito de las actividades ABP en la UEMOP. La conjugación de entrevistas, observación directa y el diario de campo con encuestas estructuradas y el análisis estadístico, tal como lo proponen Hernández-Sampieri et al. (2022), garantizará que los datos sean no solo abundantes, sino también contrastados y verídicos, reflejando así el impacto real del sistema que se propone.

Este enfoque triangulado no solo facilitará la validación de los resultados desde múltiples perspectivas, sino que también posibilitará ajustes precisos al modelo de optimización, garantizando su aplicabilidad pedagógica y su capacidad para responder a las necesidades reales del contexto educativo local (Creswell & Creswell, 2022).

Según Tamayo & Tamayo (2020), sostienen que el empleo de métodos heterogéneos de recolección de datos genera un sustrato robusto para la interpretación de fenómenos educativos complejos, en particular cuando los datos cuantitativos se integran con apreciaciones subjetivas. Tal procedimiento se torna esencial en la elaboración de sistemas que descansan en la optimización, dado que

la formulación matemática debe apoyarse en variables humanas y contextuales exhaustivamente captadas.

Elizalde (2021) resalta que la triangulación de fuentes y métodos ayuda a minimizar sesgos en la interpretación de los resultados, fortaleciendo así la validez interna y externa del estudio (párr. 4), por lo que en este sentido, la inclusión de preguntas orientadas a medir la satisfacción estudiantil, el nivel de motivación y el desempeño académico, en conjunto con observaciones y entrevistas, ofrece una base empírica suficiente para sustentar decisiones cuantitativas como el diseño del modelo de optimización combinatoria.

Por tanto, la utilización metódica de estos instrumentos fortalece la consistencia del análisis, garantizando que la información recabada sustente la definición de un sistema que, además de ser operativo, se articule coherentemente con las especificidades del BGU en San Gabriel, Ecuador.

### **3.8 Confiabilidad y validez de los instrumentos**

La confiabilidad y la validez constituyen pilares metodológicos que avalan la robustez de los instrumentos empleados en esta investigación. Su examen riguroso asegura que las técnicas de recolección de datos se mantengan coherentes, estables y representativas del fenómeno en estudio, consideración especialmente relevante en el ámbito educativo, donde interactúan variables psicológicas, sociales y pedagógicas.

#### **3.8.1 Confiabilidad**

La confiabilidad se refiere a la consistencia interna y a la estabilidad de los resultados obtenidos mediante el mismo instrumento en distintos momentos y en diferentes participantes (Creswell & Creswell, 2022). Con el propósito de alcanzarla, se implementarán las siguientes estrategias:

Se llevará a cabo una prueba piloto con una muestra restringida de estudiantes y docentes de BGU, para detectar ambigüedades o inconsistencias en los reactivos.

La encuesta estructurada será sometida a un análisis de consistencia interna mediante el cálculo del coeficiente alfa de Cronbach, cuando sea procedente.

Se definirán protocolos precisos para la aplicación de la guía de entrevistas y las listas de cotejo, garantizando que investigadores distintos puedan utilizarlas a partir de criterios equivalentes.

Mediante estas intervenciones se procura que los instrumentos generen resultados comparables y reproducibles, condición indispensable para que las decisiones formativas y académicas se asienten en evidencias objetivas y no en variaciones aleatorias..

### **3.8.2 Validez**

La validez se entiende como el grado en que un instrumento capta efectivamente el fenómeno que pretende analizar (Hernández-Sampieri et al., 2022). Para garantizar esta propiedad en el contexto del presente estudio se implementan las siguientes estrategias:

- Validez de contenido: El cuestionario será sometido a la evaluación de especialistas en educación y en evaluación del ABP, quienes analizarán la pertinencia de las preguntas y su relación con los objetivos específicos del trabajo.
- Validez de constructo: los resultados obtenidos se contrastarán con las hipótesis formuladas, verificando que las dimensiones indagadas (motivación, desempeño, satisfacción) se corresponden con los conceptos teóricos previamente definidos en el marco del estudio.
- Validez de criterio: Los datos recolectados serán analizados en relación con otros indicadores académicos, tales como calificaciones anteriores o desempeño en proyectos previos, con el fin de establecer una congruencia entre las percepciones de

los estudiantes y los resultados académicos observables (Romero Casalliglla et al., 2024).

Complementariamente, como sostiene Tamayo y Tamayo (2020), “la validación de los instrumentos debe hacerse desde la perspectiva de los sujetos involucrados, ajustándose al contexto y nivel educativo” (p. 127). En consecuencia, se llevará a cabo una revisión participativa involucrando a docentes del área, de modo que los enunciados formulados sean pertinentes y accesibles para el grupo destinatario.

La articulación de los criterios mencionados garantiza que los instrumentos implementados - cuestionario estructurado, guía de entrevista semiestructurada y lista de verificación - posean simultáneamente confiabilidad y validez, condiciones imprescindibles que fortalecen la fundamentación del sistema de asignación optimizada de actividades ABP.

### **3.9 Técnicas para el Procesamiento e Interpretación de Datos**

Una vez completada la recolección de los datos a partir de las estrategias que se han descrito anteriormente, se efectuarán procedimientos técnicos diseñados para el análisis cualitativo y cuantitativo con el propósito de arribar a conclusiones que den cuenta de la incidencia que el sistema propuesto ejerce sobre la motivación y el rendimiento académico de los estudiantes del BGU de la UEMOP.

#### **3.9.1 Codificación de datos cualitativos**

Los datos recabados a partir de entrevistas semiestructuradas y de observaciones de aula serán sometidos a un análisis que contempla la codificación temática, siguiendo, respectivamente, los procedimientos de categorización abierta y cerrada según los temas emergentes (Hernández-Sampieri et al., 2022, p. 352). Este proceso consistirá en:

- Lectura comprensiva de transcripciones y notas de campo

- Búsqueda y registro de patrones recurrentes en las informaciones aportadas por docentes y alumnos.
- Elaboración de códigos temáticos vinculados a variables centrales: satisfacción, motivación, percepción de equidad en la asignación, etc..
- Uso de software como Excel para organizar y clasificar información cualitativa

Esta técnica permite interpretar narrativas subjetivas y construir una base sólida de apoyo a los hallazgos cuantitativos, asegurando que no queden fuera aspectos relevantes del contexto educativo local.

### **3.9.2 *Análisis estadístico de datos cuantitativos***

Las respuestas obtenidas mediante los cuestionarios estructurados se someterán a procesamiento a través de software estadístico que integra procedimientos descriptivos y técnicas inferenciales, de manera que se puedan aislar tendencias, detectar agrupamientos relevantes y determinar los impactos atribuibles a la solución óptima implementada. Las técnicas empleadas incluyen:

- Cálculo de medidas de tendencia central (media, mediana, moda)
- Elaboración de tablas de frecuencias absolutas y relativas, que permiten la comparación de niveles de percepción diferenciados entre los distintos grupos de interés.
- Comparación entre pre y post-implementación del sistema

Como señala Ramírez Noriega, et al. (2024), “el uso de estadística descriptiva permite resumir grandes volúmenes de información en indicadores comprensibles y útiles para la toma de decisiones” (p. 3). Las evidencias derivadas de estos procedimientos constituirán insumos para la corrección y el recalibrado del modelo de optimización, con el propósito de asegurar su viabilidad y pertinencia en el ámbito pedagógico.

### 3.9.3 *Análisis de correlación*

Con la finalidad de indagar las relaciones potenciales entre el interés estudiantil, el rendimiento académico previo y el nivel de satisfacción, se procederá al análisis de correlación simple, aplicando el coeficiente de Pearson cuando las condiciones de normalidad de las distribuciones sean satisfechas (Creswell & Creswell, 2022). En caso de que las variables presenten distribuciones no normales, se considerarán alternativas no paramétricas para completar el análisis.

Esto ayudará a responder preguntas como:

- ¿Existe una relación entre el interés expresado en la encuesta y el rendimiento real durante el proyecto?
- ¿Los estudiantes con mayor participación tienden a reportar mayor motivación?
- ¿Cómo influyen las preferencias temáticas en la percepción de utilidad del proyecto?

Los datos se procesarán en Google Sheets o Microsoft Excel, garantizando que los resultados se incluyan de forma fluida en el modelo de optimización que se desarrollará posteriormente.

### 3.9.4 *Triangulación de resultados*

Para reforzar la robustez de los hallazgos, se llevará a cabo una triangulación metodológica y de fuentes, combinando información proveniente de distintos instrumentos:

- Encuestas → datos numéricos sobre percepción y motivación
- Entrevistas → reflexiones cualitativas sobre experiencia y mejora
- Observación directa → registro contextual de interacción y compromiso

Creswell & Creswell (2022) “la triangulación es una forma efectiva de validar resultados cuando se integran múltiples perspectivas” (p. 248). En este caso, se cruzarán las

opiniones estudiantiles con el desempeño escolar y las valoraciones de los docentes, permitiendo contrastar autoevaluaciones con hechos observables.

Finalmente, los resultados se integrarán dentro de una lógica de retroalimentación, orientada a mejorar iterativamente el sistema de asignación y ajustar parámetros del modelo de optimización, especialmente en lo referente a la ponderación de los criterios de selección (Tamayo & Tamayo, 2020).

### **3.10 Población y Muestra**

#### **3.10.1 Población**

La población de estudio está constituida por estudiantes y docentes de la UEMOP de la ciudad de San Gabriel, se seleccionará a los estudiantes del BGU para la implementación de la metodología de ABP complementada por un sistema optimizado de asignación de actividades, los docentes involucrados serán aquellos que supervisan estos proyectos.

#### **3.10.2 Tamaño de la Muestra**

El tamaño de la muestra se determinará empleando la fórmula de muestreo aleatorio, que garantiza la obtención de una representación estadística válida y suficiente. Este procedimiento procurará que la muestra seleccionada abarque la totalidad de la variabilidad de la población, asegurando la robustez de los análisis posteriores.

$$n = \frac{NZ^2pq}{d^2(N-1) + Z^2pq}$$

Donde:  $N$  = tamaño de la población = 234 estudiantes BGU (Primero 81, Segundo 81, Tercero 72)

$Z$  = nivel de confianza (95%) = 1.96

$p$  = proporción esperada (asumamos 50% = 0.5)

$q = 1 - p = 0.5$

$d = \text{precisión (5\% = 0.05)}$

Sustituyendo estos valores:

$$n = \frac{234 \cdot 1.96^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5}{(234 - 1) \cdot 0.05^2 + 1.96^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5}$$

$$n = \frac{224.7336}{1.5429}$$

$$n \approx 145.6566206 \Rightarrow n \approx 146 \text{ estudiantes}$$

El tamaño de la muestra calculado, de aproximadamente **146 estudiantes**, asegura que se alcance un nivel de representatividad adecuado respecto al conjunto de alumnos del BGU de la UEMOP, esto proporciona un equilibrio entre precisión de los resultados y los recursos efectivos disponibles, considerando un error muestral de 5% y un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto, se puede concluir que los resultados que surgen del proceso investigativo alcanzarán un grado de significación estadística y de confiabilidad que satisface los criterios exigidos en este tipo de estudios.

### 3.11 Variables

#### 3.11.1 Hipótesis:

Para el desarrollo del sistema optimizado de asignación de actividades ABP, es fundamental identificar las variables clave que intervendrán en el modelo, así como también formular hipótesis comprobables que permitan validar su efectividad.

#### 3.11.2 Variables del Proyecto

##### 1. Variable Independiente (VI):

La variable independiente en este estudio corresponde al sistema de asignación de actividades ABP, específicamente los criterios usados para distribuir las actividades entre los estudiantes: interés temático, rendimiento académico previo, habilidades sociales, estilos de aprendizaje y roles colaborativos (Hernández-Sampieri et al.,

2022, p. 145), estas características serán ponderadas dentro del modelo matemático y utilizadas como insumos para la función objetivo del sistema de optimización.

Este factor se considera manipulable, ya que se diseñará e implementará un nuevo método de asignación diferente al tradicional, lo cual permitirá medir su impacto directo sobre el desempeño estudiantil.

## 2. **Variable Dependiente (VD):**

La variable dependiente se conceptualiza como el grado de motivación y el rendimiento académico de los estudiantes, medido posterior a la aplicación del modelo pedagógico que aquí se propone (Formento Torres et al., 2023).

La motivación se medirá mediante encuestas estructuradas que evalúan el compromiso, percepción de equidad y nivel de interés por el proyecto asignado.

El rendimiento académico se obtendrá del promedio escolar posterior a la ejecución del proyecto ABP, comparándose con calificaciones previas para observar cambios significativos (Tamayo & Tamayo, 2020).

Estas dos dimensiones motivación y rendimiento actuarán como indicadores clave para evaluar si el sistema propuesto logra sus objetivos educativos.

### 3.12 **Hipótesis del estudio**

Las hipótesis planteadas guían el desarrollo y evaluación del sistema optimizado de asignación de actividades ABP, estableciendo relaciones comprobables entre los criterios usados en la asignación y los resultados obtenidos en términos de motivación y rendimiento estudiantil.

#### 3.12.1 **Hipótesis Principal**

La implementación de un sistema optimizado para la asignación de actividades ABP en la UEMOP incrementa de manera estadísticamente significativa, la motivación y el

rendimiento académico de la población estudiantil del BGU, en comparación con un sistema de asignación no optimizado.

Esta hipótesis constituye el eje central del estudio y está alineada con el objetivo general del proyecto, como explica Carriazo Diaz et al. (2020), “la forma en que se distribuyen actividades educativas puede influir directamente en la percepción de justicia, interés y desempeño estudiantil” (p. 101), por ello, se espera que un modelo basado en preferencias, habilidades y métricas pedagógicas tenga un impacto positivo en ambos indicadores clave: motivación y rendimiento.

### ***3.12.2 Hipótesis Secundarias***

A partir de esta hipótesis principal, se formulan varias secundarias que permiten explorar dimensiones específicas del sistema:

- **H1: Motivación**

La asignación personalizada de actividades ABP, en función de los intereses y competencias previas de los educandos, potencia de manera notable su entusiasmo por las tareas académicas.

Este planteamiento se sustenta en lo distinguido por Creswell & Creswell (2022), quien destaca que "el ajuste entre el perfil estudiantil y las actividades propuestas tiene un efecto directo en el compromiso activo de los estudiantes" (p. 167).

- **H2: Rendimiento Académico**

La asignación optimizada de actividades ABP evidencia un efecto favorable sobre el rendimiento académico de los estudiantes, siendo este efecto más notorio en las disciplinas que combinan elaboración práctica con resolución de problemas.

Hernández-Sampieri et al. (2022) sostienen que "los modelos de intervención pedagógica bien diseñados pueden generar cambios medibles en el desempeño escolar cuando se aplican estrategias personalizadas" (p. 342).

- **H3: Factores de Influencia**

Los intereses personales, habilidades previas y desempeño en tareas anteriores son factores clave que determinan el éxito del sistema de asignación optimizada, contribuyendo a una mayor participación y satisfacción en los proyectos asignados. Como señalan Tamayo & Tamayo (2020), "para lograr una verdadera personalización en el proceso educativo, es fundamental considerar las características individuales de los estudiantes" (p. 93).

- **H4: Eficiencia del Modelo**

Un modelo de optimización combinatoria aplicado a la asignación de actividades ABP incrementa tanto la eficiencia como la efectividad del proceso docente, promoviendo una distribución equilibrada y funcional de los proyectos entre los estudiantes.

Esto refleja lo expresado por Creswell & Creswell (2022), quien sostiene que "los diseños experimentales que integran variables contextuales tienden a ser más efectivos en entornos educativos reales" (p. 195).

Las hipótesis formuladas no solo guían la concepción del sistema, sino que también delinean de forma precisa los procedimientos de recolección y de análisis de datos, posibilitando la verificación o el rechazo de enunciados específicos que vinculan la asignación estratégica de proyectos con variables como la participación, el aprendizaje profundo y la percepción de equidad en la distribución de oportunidades pedagógicas.

### **3.13 Explicación de la Relación entre las Variables:**

#### **Relación entre VI y VD**

El sistema de asignación de actividades ABP (VI) se relaciona directamente con el nivel de motivación y rendimiento académico (VD), actuando como factor de intervención en el entorno pedagógico, por lo que, al integrar variables intermedias como los intereses personales, el historial académico y el estilo de trabajo colaborativo, persigue dilucidar el modo en que tales elementos modulan la eficacia del sistema implementado.

Según Solórzano López et al (2020), “las decisiones metodológicas que priorizan el perfil estudiantil tienden a mejorar tanto la experiencia como los resultados académicos” (p. 160). Por eso, este estudio no solo evalúa el impacto del sistema, sino que también analiza cómo ciertos factores moderadores inciden en dicha relación.

Además, siguiendo el marco de referencia cualitativo-cuantitativo, se realizará una triangulación de datos provenientes de encuestas, entrevistas y observación directa, con el fin de contrastar los valores numéricos con las percepciones subjetivas de los participantes (Creswell & Creswell, 2022).

Este enfoque no solo respalda el carácter aplicado de la investigación, sino que también facilita el establecimiento de relaciones causales entre el modo de asignación y los resultados académicos y emocionales de los estudiantes del BGU.

## Capítulo 4

### Análisis y Discusión de los Resultados

#### 4.1 Análisis Descriptivo de los Resultados

El análisis descriptivo tiene como propósito principal resumir, organizar y codificar los datos obtenidos durante la aplicación del Sistema de Asignación de Actividades basados en ABP, permitiendo identificar patrones, tendencias y propiedades generales de las variables estudiadas (Hernández-Sampieri et al., 2022).

Este análisis proporciona un panorama integrador sobre cómo el sistema influye en la motivación estudiantil, la percepción de equidad en la asignación de proyectos y el rendimiento académico, tanto antes como después de su aplicación.

El sistema propuesto se fundamenta en un modelo matemático multiobjetivo que permite asignar actividades ABP a los estudiantes considerando múltiples dimensiones relevantes: compatibilidad académica (AC), alineación con intereses personales (AI) y adecuación al estilo de aprendizaje (AE), estos criterios no solo fueron seleccionados por su relevancia técnica, sino también porque fueron validados colaborativamente con el cuerpo docente durante reuniones de planificación pedagógica.

Esto asegura que el modelo sea funcional, viable y adoptable dentro de la UEMOP, ubicada en San Gabriel, provincia del Carchi, toda vez que en él se contemplan las características, particularidades y demandas que, desde un análisis contextual, emergen de la población escolar y docente.

##### ***4.1.1 Definición de Proyectos Prioritarios y Contexto Local.***

Luego de varias sesiones de trabajo y de consenso con el cuerpo docente de la UEMOP, se identificaron tres proyectos educativos basados en ABP que serían utilizados como marco de estudio:

1. ***Análisis de calidad del agua en el río local:*** Este proyecto tiene un fuerte componente científico y ambiental, ideal para estudiantes con perfil visual y kinestésico, además incluye actividades de campo, interpretación de gráficos y análisis técnico de resultados.
2. ***Desarrollo de app para reducir desperdicio alimentario:*** Este proyecto está centrado en el diseño tecnológico y el modelado lógico de sistemas digitales, propiciándose así la participación de los estudiantes en la creación de una aplicación móvil cuyo propósito es facilitar la gestión consciente del consumo de alimentos en el contexto escolar. La herramienta buscará promover prácticas de adquisición, almacenamiento y utilización de productos alimentarios que, a su vez, contribuyan a la reducción de residuos y a la formación de hábitos sostenibles en el alumnado.
3. ***Campaña de concientización sobre patrimonio cultural:*** Este proyecto busca fortalecer la identidad local y promover el conocimiento del patrimonio histórico y simbólico de San Gabriel, ciudad reconocida oficialmente como Patrimonio Nacional por sus casas coloniales y tradiciones locales.

La selección de estos proyectos fue validada teniendo en cuenta:

- Su relevancia curricular
- La viabilidad técnica
- El impacto en el desarrollo de competencias blandas
- Su vinculación con problemas reales del entorno comunitario

Los docentes coincidieron en que este tipo de actividad favorece especialmente a estudiantes con habilidades prácticas y visuales, dado el trabajo experimental que implica.

#### **4.1.2 Definición de Pesos de Estilo de Aprendizaje por Proyecto.**

Para garantizar que el sistema de asignación de actividades ABP sea no solo técnicamente eficiente, sino también pedagógicamente pertinente, los pesos asociados a cada estilo de aprendizaje fueron definidos en coordinación directa con los docentes, considerando las actividades específicas involucradas en cada proyecto, este proceso permitió alinear el modelo matemático con las características reales del trabajo escolar y las necesidades contextuales de los estudiantes del BGU de la UEMOP.

- **Proyecto 1: Análisis de Calidad del Agua en el Río Local**

(Peso Visual: 0.4 | Peso Kinestésico: 0.4 | Peso Lector/Escritor: 0.2)

Este proyecto se caracteriza por un fuerte componente práctico y visual, centrado en la toma de muestras, análisis de datos y representaciones gráficas, los docentes coincidieron en que esta actividad favorece especialmente a estudiantes con estilos visual y kinestésico, debido a la manipulación de materiales, interpretación de resultados y observación directa. Por ello, durante la sesión de consenso institucional, se decidió otorgar un peso equitativo entre ambos estilos (0.4 cada uno), mientras que el estilo lector/escritor recibe menor relevancia relativa (0.2), ya que su incidencia es secundaria dentro de las tareas principales del proyecto.

- **Proyecto 2: Desarrollo de App para Reducir el Desperdicio Alimentario**

(Peso Visual: 0.3 | Peso Lector/Escritor: 0.4 | Peso Kinestésico: 0.3)

Este proyecto está centrado en el diseño tecnológico y la planificación lógica de soluciones digitales. Su desarrollo implica:

Interpretación visual de interfaces y estructuras lógicas.

Redacción técnica de guiones, documentación y reportes.

Pruebas funcionales y ajustes constantes que implican interacción directa.

Durante el análisis participativo con los docentes, se acordó priorizar el estilo lector/escritor (0.4) por su importancia en la programación, redacción de instrucciones y comunicación clara del producto final. Sin embargo, también se reconoció el valor del estilo visual (0.3) para el diseño de interfaces, y del kinestésico (0.3) en la fase de pruebas y prototipado funcional.

Esta decisión refleja un consenso técnico-pedagógico, validado por quienes tienen experiencia directa en la implementación de actividades ABP en el BGU de la UEMOP.

- **Proyecto 3: Campaña de Concientización sobre Patrimonio Cultural**

(Peso Auditivo: 0.4 | Peso Visual: 0.3 | Peso Lector/Escritor: 0.3)

Este proyecto tiene como eje central la comunicación oral, la narrativa comunitaria y la difusión de conocimientos históricos y culturales, por eso, durante las reuniones de validación con el cuerpo docente de la UEMOP, se determinó que el estilo auditivo debía recibir el mayor peso (0.4), ya que gran parte de las actividades se basan en entrevistas, discusiones grupales y presentaciones orales.

El estilo visual también fue valorado (0.3), dado que el proyecto incluye la elaboración de carteles, videos y presentaciones gráficas, finalmente, el estilo lector/escritor recibió un peso similar (0.3), debido a la necesidad de redactar guiones, informes y materiales informativos.

Este enfoque fue validado por docentes de áreas como Matemáticas, Física, Lengua, Historia y Emprendimiento, asegurando así una adecuación curricular real.

**Tabla 2***Pesos de Estilo de Aprendizaje por Proyecto*

Proyecto	Estilo			
	Auditivo	Visual	Lector/Escritor	Kinestésico
Análisis de calidad del agua en el río local	–	0.4	0.2	0.4
Desarrollo de app para reducir desperdicio alimentario	–	0.3	0.4	0.3
Campaña de concientización sobre patrimonio cultural	0.4	0.3	0.3	–

Fuente: Elaboración propia (2025)

En la Tabla 2, evidencia que aquellos estilos que carecen de un peso de relevancia no ejercen una influencia significativa en ese proyecto específico.

### **Justificación Pedagógica y Participativa**

La asignación de estos pesos no fue arbitraria ni únicamente técnica, sino que resultó del trabajo colaborativo con el cuerpo docente, quienes aportaron su conocimiento sobre las dinámicas de aprendizaje más efectivas según el tipo de proyecto, tal como destacan Hernández-Sampieri et al. (2022): “Los modelos de intervención educativa tienen mayor probabilidad de éxito cuando son diseñados con base en la experiencia práctica de los profesores” (p. 347).

#### **4.2 Diseño del Modelo Matemático de Optimización**

La formulación de un modelo matemático se fundamenta en un enfoque de optimización combinatoria, orientado a resolver el problema de asignación de proyectos educativos bajo múltiples criterios:

*Compatibilidad Académica* ( $CA_{ij}$ ) : correlación entre el rendimiento previo del estudiante  $i$  y los requisitos del proyecto  $j$ .

*Alineación con los Intereses Personales* ( $AI_{ij}$ ): coincidencia entre los temas preferidos por el estudiante y la temática del proyecto.

*Adecuación al Estilo de Aprendizaje (AE<sub>ij</sub>)* : compatibilidad entre el estilo de aprendizaje del estudiante y la metodología del proyecto.

Este modelo busca maximizar la afinidad entre cada estudiante y el proyecto que le es asignado, priorizando tanto su desempeño como su motivación intrínseca.

#### 4.2.1 *Cálculo de Promedios Ponderados*

Una vez recolectadas mediante encuestas las respuestas de los docentes sobre la importancia relativa de los tres criterios principales del sistema de asignación *Compatibilidad Académica (CA, Alineación con Intereses (AI) y Adecuación al Estilo de Aprendizaje (AE)* se procedió al cálculo de promedios ponderados, para garantizar que los pesos finales reflejen no solo la opinión colectiva del cuerpo docente, sino también la experiencia práctica en la aplicación del ABP.

**Tabla 3**

*Prioridades de los Docentes en la Asignación Individual de Proyectos*

<b>Código Docente</b>	<b>Experiencia previa con ABP (Aprendizaje Basado en Proyectos/Problemas):</b>	<b>COMPATIBILIDAD ACADÉMICA (CA):</b>	<b>ALINEACIÓN CON INTERESES (AI):</b>	<b>ADECUACIÓN AL ESTILO DE APRENDIZAJE (AE):</b>
D001	4	40%	30%	30%
D002	2	30%	40%	30%
D003	4	20%	60%	20%
D004	0	33,33%	33,33%	33,33%
D005	0	30%	50%	20%
D006	6	25%	50%	25%
D007	6	35%	35%	30%
D008	6	30%	40%	30%
D009	4	30%	40%	30%
D010	6	38%	28%	34%

Fuente: Elaboración propia, (2025).

Los valores presentados en la Tabla 3 son datos reales obtenidos mediante encuestas aplicadas a docentes del BGU de la UEMOP.

Los datos proporcionados por los docentes fueron procesados aplicando una fórmula de promedio ponderado, considerando como peso principal los años de experiencia previa con ABP

$$\alpha_{final} = \frac{\sum(\text{porcentaje}_i * \text{experiencia}_i)}{\sum \text{experiencia}_i}$$

#### 4.2.2 Coeficientes Institucionales Obtenidos

Efectuados los cálculos pertinentes y aplicada una normalización proporcional que garantiza un total equivalente a 100%, los resultados producidos son los que siguen:

**Tabla 4**

##### *Coeficientes Institucionales Obtenidos*

<b>Criterio</b>	<b>Peso Final (%)</b>	<b>Ponderación</b>
Compatibilidad Académica (CA)	31.3%	0.313
Alineación de Interés (AI)	39.9%	0.399
Adecuación al Estilo (AE)	28.8%	0.288

Fuente: Elaboración propia, (2025)

Los resultados consignados en la Tabla 4 se derivan de la información contenida en la Tabla 3 a través de la aplicación de la fórmula de promedio ponderado  $\alpha_{final}$ .

Los coeficientes  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  y  $\alpha_3$  obtenidos tras un proceso participativo con docentes, reflejan las prioridades pedagógicas institucionales y permiten ponderar adecuadamente cada uno de los tres factores mencionados.

Como señala la Nueva Escuela Mexicana (2023) “Cuando los procesos educativos son co-creados con los docentes, se incrementa su percepción de utilidad y se mejora la adopción del sistema en el aula” (párr. 5).

Los valores finales fueron:

$$\alpha_1 = 0.3126 \text{ Compatibilidad Académica (CA)}$$

$\alpha_2 = 0.3995$  Alineación con Intereses (*AI*)

$\alpha_3 = 0.2879$  Adecuación al Estilo (*AE*)

Estos pesos no solo son representativos de la experiencia docente en ABP, sino también del consenso alcanzado durante sesiones de trabajo colaborativo con el cuerpo de profesores, cada uno de estos criterios está ponderado según prioridades institucionales, reflejadas en los coeficientes obtenidos mediante encuestas aplicadas a docentes del BGU de la UEMOP.

### **Función Objetivo del Modelo**

La función objetivo tiene como propósito encontrar la combinación óptima entre estudiantes y proyectos (Fernandez Giangreco y Barán Cegla, 2025), considerando las variables mencionadas, su formulación general es la siguiente:

$$\text{Maximizar } F(x) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (\alpha_1 \cdot CA_{ij} + \alpha_2 \cdot AI_{ij} + \alpha_3 \cdot AE_{ij}) \cdot x_{ij}$$

Donde:

- $x_{ij} = 1$  si el estudiante  $i$  es asignado al proyecto  $j$ , 0 en caso contrario
- $CA_{ij} =$  **Compatibilidad Académica** del estudiante  $i$  con el proyecto  $j$  (0-1)
- $AI_{ij} =$  **Alineación de Intereses** del estudiante  $i$  con el proyecto  $j$  (0-1)
- $AE_{ij} =$  **Adecuación de Estilo** del estudiante  $i$  con el proyecto  $j$  (0-1)
- $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ : Pesos institucionales validados por los docentes.

**Sujeto a:**

1. Cada estudiante es asignado exactamente a un proyecto:

$$\sum x_{ij} = 1 \text{ para todo estudiante } i$$

Esta variable indica si se realiza una asignación específica:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si el estudiante } i \text{ es asignado al proyecto } j \\ 0 & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

2. Cada proyecto tiene un mínimo y máximo de asignaciones:

$$\min_j \leq \sum x_{ij} \leq \max_j \text{ para todo proyecto } j$$

Se define un rango de tamaño grupal

3. Estudiantes con bajo rendimiento en materias críticas para un proyecto no son asignados a ese proyecto:

$$x_{ij} = 0 \text{ si } \text{rendimiento\_materia\_crítica}_{ij} < \text{umbral\_mínimo}$$

Esto evita que estudiantes sin base suficiente sean asignados a proyectos demasiado complejos.

La variable  $x_{ij}$  actúa como un interruptor lógico: solo se cuentan las combinaciones donde hay una asignación real, y se descartan las demás.

El objetivo es *maximizar*  $F(x)$ , asegurando que cada estudiante sea asignado exactamente a un proyecto.

Como explica Coa-Mamani y Obregón-Ramos (2023): “Los modelos basados en optimización matemática han demostrado ser útiles para resolver problemas del mundo real, especialmente cuando intervienen múltiples criterios y objetivos” (párr. 8).

### 4.3 Aplicación del Modelo Matemático

Para probar el modelo, se seleccionó al paralelo “A” 2do de BGU que cuenta con un número de 22 estudiantes y se evaluó su afinidad con cada proyecto, a continuación, se muestra el piloto detallado.

### 4.3.1 Aplicación Práctico del Modelo (Piloto)

#### Proceso de Asignación Paso a Paso

#### Cálculo de Compatibilidad Académica (CA)

La Compatibilidad Académica (CA) es el primer criterio del modelo matemático, encargado de cuantificar la correspondencia entre el rendimiento académico registrado por el estudiante y las materias críticas asociadas a cada actividad ABP, este cálculo permite priorizar proyectos en los que el estudiante tiene una base sólida, lo cual mejora su desempeño durante el desarrollo del proyecto.

La Compatibilidad Académica (CA) se define como el promedio ponderado o simple de las calificaciones previas del estudiante en las materias clave relacionadas con el proyecto, la fórmula general es:

$$CA_{Proyecto} = \frac{\sum(Calificaciones)}{N \cdot 10}$$

Donde:

- Calificación: Calificación del estudiante en la materia  $i$  relevante para el proyecto.
- $N$ : Número total de materias relevantes para el proyecto.
- 10: Factor de normalización para llevar el resultado a una escala entre 0 y 1.

Para obtener este valor, se realiza una media ponderada de las calificaciones en las materias más relevantes para cada proyecto, normalizada entre 0 y 1, donde: 1 = Máximo rendimiento en materias críticas y 0 = Rendimiento mínimo

#### Materias críticas para el Proyecto 1: Análisis de Calidad del Agua en el Río Local

Estudiante Código E001

- Matemática: 10
- Química: 10

- Biología: 9

Cálculo:

$$CA_{proyecto\ 1} = \frac{Matemática + Química + Biología}{3 * 10} = \frac{10 + 10 + 9}{30} = \frac{29}{30} = 0.97$$

Este resultado indica estudiante Código E001 tiene una alta compatibilidad académica con este proyecto, lo cual se alinea con su perfil analítico y habilidades técnicas

### **Materias críticas para el Proyecto 2: Desarrollo de app para reducir desperdicio alimentario**

Estudiante Código E001

- Matemática: 7.0
- Inglés: 8.5

Cálculo:

$$CA_{proyecto\ 2} = \frac{Matemática + Ingles}{2 * 10} = \frac{10 + 10}{20} = \frac{20}{20} = 1$$

Carlos muestra un nivel alto de compatibilidad académica, lo cual respalda su asignación al proyecto si hay interés temático.

### **Materias críticas para el Proyecto 3: Campaña de Concientización sobre Patrimonio Cultural**

Estudiante Código E001

Materias críticas:

- Historia: 8.5
- Filosofía: 9.0
- Lengua y literatura: 9.2

Cálculo:

$$CA_{\text{proyecto 3}} = \frac{\text{Historia} + \text{Filosofía} + \text{Lengua y literatura}}{3 * 10} = \frac{9 + 9 + 10}{30} = \frac{28}{30} = 0.93$$

Estudiante Código E001 tiene un nivel académico alto en materias humanísticas, lo cual favorece su participación en proyectos culturales.

Como considera Parra-Hernández (2023) “Los modelos basados en optimización matemática pueden integrarse eficazmente en herramientas cotidianas como Excel, permitiendo su uso en contextos educativos reales” (p. 6).

### Calculando para todos los estudiantes:

**Tabla 5**

*Compatibilidad Académica (CA) por Proyecto*

<b>Código Estudiante</b>	<b>CA Proyecto 1</b>	<b>CA Proyecto 2</b>	<b>CA Proyecto 3</b>
E001	0,97	1	0,93
E002	0,90	0,95	0,77
E003	0,77	0,70	0,80
E004	0,83	0,90	0,87
E005	0,70	0,75	0,77
E006	0,80	0,80	0,80
E007	0,87	0,85	0,77
E008	0,87	0,85	0,87
E009	0,70	0,55	0,63
E010	0,80	0,85	0,83
E011	0,87	0,85	0,80
E012	0,90	0,90	0,97
E013	0,80	0,80	0,83
E014	0,77	0,75	0,77
E015	0,63	0,70	0,83
E016	1	0,95	0,97
E017	0,80	0,80	0,80
E018	0,87	0,85	0,93
E019	0,77	0,65	0,67
E020	0,83	0,85	0,80
E021	0,87	0,90	0,80
E022	0,90	0,90	0,87

Fuente: Elaboración propia, (2025).

### **Cálculo de Alineación de Intereses (AI)**

La Alineación de Intereses (AI) es un componente crítico del modelo matemático, ya que evalúa cómo las preferencias temáticas de los estudiantes coinciden con la temática principal de cada actividad ABP, este criterio busca maximizar la motivación intrínseca del estudiante hacia su proyecto asignado, asegurando que no solo tenga las habilidades académicas necesarias, sino también interés personal en el tema.

Los pesos asociados a cada interés fueron definidos durante reuniones con docentes de la institución, asegurando así una adecuación pedagógica real, estos pesos resultaron de encuestas aplicadas a los docentes, donde se evaluó la relevancia de diferentes temas según el contexto de cada proyecto.

**Tabla 6**

*Pesos Asociados a Cada Interés*

<b>Código Docente</b>	<b>Ambiente</b>	<b>Salud</b>	<b>Tecnología</b>	<b>Ambiente</b>	<b>Cultura</b>	<b>Sociedad</b>
D001	50%	50%	40%	60%	40%	60%
D002	60%	40%	50%	50%	40%	60%
D003	50%	50%	50%	50%	60%	40%
D004	50%	50%	50%	50%	50%	50%
D005	30%	70%	30%	70%	50%	50%
D006	40%	60%	60%	40%	60%	40%
D007	25%	75%	70%	30%	40%	60%
D008	50%	50%	70%	30%	40%	60%
D009	50%	50%	50%	50%	50%	50%
D010	40%	60%	55%	45%	60%	40%

Fuentes: Elaboración propia (2025)

La Tabla 6 presenta la Valoración promedio realizada por los docentes del BGU-UEMOP sobre la importancia relativa de cada tema dentro de las actividades ABP priorizados.

Los datos proporcionados por los docentes fueron procesados aplicando una fórmula de promedio:

$$\text{Peso final por tema} = \frac{\sum(\text{Porcentaje}_i)}{n}$$

Donde  $n$  es el número total de docentes que respondieron la encuesta.

La ponderación de temas es un componente clave del modelo matemático, ya que define cuánto influye cada tema en la asignación final de actividades ABP, los pesos fueron establecidos mediante encuestas aplicadas a los docentes de la UEMOP, asegurando así una adecuación pedagógica real al contexto institucional.

La matriz siguiente muestra los pesos institucionales (%) y sus equivalentes en valores decimales, normalizados entre 0 y 1, para cada proyecto ABP:

**Tabla 7**

*Matriz de Ponderación de Temas por Proyecto*

Proyecto	Tema	Peso Institucional (%)	Valor Decimal
1	Ambiente	45%	0,45
	Salud	56%	0,56
2	Tecnología	53%	0,53
	Ambiente	48%	0,48
3	Cultura	49%	0,49
	Sociedad	51%	0,51

Fuente: Elaboración propia (2025)

Para calcular la Alineación de Intereses (AI) de un estudiante con un proyecto específico, se utiliza la fórmula:

$$AI = \frac{\sum(\text{Interés}_k \cdot \text{Peso}_k)}{10}$$

Donde:

- $\text{Interés}_k$ : puntuación del estudiante  $i$  en el interés temático  $k$ , en escala del 1 al 10.

- $Peso_k$ : importancia relativa de ese interés en el proyecto  $j$ , según los docentes.

### **Proyecto 1: Análisis de Calidad del Agua en el Río Local**

Estudiante Código E001 calificó sus intereses personales en una escala del 1 al 10:

- Ambiente: 1
- Salud: 8

Calculo

$$AI_{Proyecto\ 1} = \frac{(1 * 0.45) + (8 * 0.56)}{10} = \frac{0.45 * 4.48}{10} = \frac{4.93}{10} = 0.49$$

Este valor indica que Estudiante Código E001 tiene una media alineación temática con el Proyecto 1.

### **Proyecto 2: Desarrollo de app para reducir desperdicio alimentario**

Estudiante Código E001 calificó sus intereses personales en una escala del 1 al 10:

- Tecnología: 3
- Ambiente: 1

Calculo

$$AI_{Proyecto\ 2} = \frac{(3 * 0.53) + (1 * 0.48)}{10} = \frac{1.59 * 0.48}{10} = \frac{2.07}{10} = 0.20$$

Este valor indica que el Estudiante Código E001 tiene una baja alineación temática con este proyecto, lo que debilita su compatibilidad global con el Proyecto 2.

### **Proyecto 3: Campaña de Concientización sobre Patrimonio Cultural**

Estudiante Código E001 calificó sus intereses personales en una escala del 1 al 10:

- Arte y Cultura: 10
- Sociedad: 1

Calculo

$$AI_{Proyecto\ 3} = \frac{(10 * 0.49) + (1 * 0.51)}{10} = \frac{4.9 * 0.51}{10} = \frac{5.41}{10} = 0.54$$

Este valor indica que el Estudiante Código E001 tiene una alta alineación temática con este proyecto, lo cual refuerza su compatibilidad global con el Proyecto 3.

**Calculando para todos los estudiantes:**

**Tabla 8**

*Alineación de Intereses por Proyecto*

<b>Código Estudiante</b>	<b>AI Proyecto 1</b>	<b>AI Proyecto 2</b>	<b>AI Proyecto 3</b>
E001	0,49	0,20	0,54
E002	0,96	0,90	1,00
E003	0,74	0,85	0,75
E004	0,96	0,95	0,85
E005	0,50	0,50	0,70
E006	0,72	0,64	0,60
E007	0,36	0,40	0,55
E008	0,56	0,55	0,50
E009	0,94	0,76	0,85
E010	0,21	0,53	0,25
E011	0,56	0,50	0,70
E012	0,96	0,90	0,61
E013	0,43	0,43	0,65
E014	0,96	0,85	0,85
E015	0,66	0,55	0,80
E016	0,87	0,75	0,90
E017	0,91	0,80	0,90
E018	0,80	0,80	0,85
E019	1,00	1,00	1,00
E020	0,61	0,50	0,65
E021	0,96	0,90	0,70
E022	1,00	1,00	0,10

Fuente: Elaboración propia (2025).

Conforme a la información obtenida mediante encuestas aplicadas a estudiantes del 2do “A” BGU-UEMOP, se generó la Tabla 8 en la que se presenta la alineación de cada estudiante con las tres actividades ABP.

### **Cálculo de Adecuación al Estilo de Aprendizaje (AE)**

El tercer criterio considerado en el modelo matemático es la Adecuación al Estilo de Aprendizaje (AE). Este factor evalúa cuán compatible es el estilo predominante de cada estudiante con la metodología pedagógica de la actividad ABP que le ha sido asignado.

Este cálculo permite priorizar proyectos que faciliten el aprendizaje del estudiante según su estilo más fuerte, lo cual puede mejorar tanto su participación activa como su compromiso durante el desarrollo del proyecto.

Para la identificación y tipificación de las preferencias de aprendizaje presentes en la población estudiantil, se adoptó el modelo VARK, instrumento con amplio respaldo en la investigación pedagógica que clasifica las tendencias cognitivas de acuerdo con las modalidades sensoriales dominantes (Fleming y Mills, 2019, p. 5). Dicha tipología segmenta a los sujetos en cuatro ejes:

- Visual: Prefiere imágenes, diagramas y representaciones gráficas.
- Auditivo: Aprende mejor mediante discusión oral, explicaciones y narrativas.
- Lector/Escritor: Se siente cómodo con textos, lecturas y producción escrita.
- Kinestésico: Aprende mejor haciendo, experimentando y manipulando objetos.

El uso de este modelo ha sido ampliamente validado en contextos educativos formales, especialmente en procesos de personalización de estrategias didácticas (Jalili & Hosseini, 2021). Su aplicación en sistemas de asignación optimizada de actividad ABP permite mejorar no solo el desempeño académico, sino también la percepción de pertenencia al equipo y la motivación intrínseca del estudiante hacia la actividad (Kolb, 2015).

En esta investigación, cada estudiante autoevaluó su nivel de afinidad con cada estilo en una escala del 0 al 1 que refleje la proporción relativa de cada estilo, lo cual facilitó su integración dentro del modelo matemático de asignación optimizada de actividad ABP.

Como señalan Dunn & Dunn (2020) “Los docentes pueden mejorar significativamente la participación y el rendimiento escolar si adaptan sus estrategias a los estilos de aprendizaje predominantes” (p. 15).

Y como explica Joy & Kumar (2022), el impacto de estos modelos es mayor cuando se integran con herramientas digitales accesibles “La combinación de teoría de estilos de aprendizaje y tecnología educativa permite diseñar sistemas más justos e inclusivos” (p. 215).

Por lo tanto, la presente investigación adoptó el modelo VARK como estructura teórica para clasificar los estilos de aprendizaje que presentan los alumnos, incorporándose a continuación la información resultante en el procedimiento de asignación optimizada.

Para calcular la adecuación al estilo de aprendizaje, se usa esta fórmula:

$$AE_{ij} = \frac{\sum(Estilo_k * Peso_k)}{100\%}$$

Donde:

- $Estilo_k$  : puntuación del estudiante  $i$  en el estilo  $k$  , expresado en porcentaje.
- $Peso_k$  : peso Institucional del estilo  $k$  en el proyecto  $j$ .
- El resultado se normaliza entre 0 y 1.

Proyectos y pesos por estilo de aprendizaje

Con base en las características metodológicas de cada proyecto ABP y el análisis colaborativo con docentes, ya detallado en la **Tabla 2 Pesos de Estilo de Aprendizaje por Proyecto** se aplicará el peso Institucional del estilo  $k$  en el proyecto  $j$ .

### **Proyecto 1: Análisis de Calidad del Agua en el Río Local**

Perfil de estilos de aprendizaje Estudiante Código E001

- Visual: 30%

- Auditivo: 30%
- Lector/Escritor: 15%
- Kinestésico: 25%

Cálculo:

$$AE_{\text{proyecto 1}} = (30\% * 0.4) + (15\% * 0.2) + (25\% * 0.4) = 0.12 + 0.03 + 0.1 = 0.25$$

El Estudiante Código E001 muestra una adecuación moderada al estilo requerido por este proyecto, lo cual respalda su asignación al mismo.

### **Proyecto 2: Desarrollo de app para reducir desperdicio alimentario**

E001

- Visual: 30%
- Auditivo: 30%
- Lector/Escritor: 15%
- Kinestésico: 25%

Cálculo:

$$AE_{\text{proyecto 2}} = (30\% * 0.3) + (15\% * 0.4) + (25\% * 0.3) = 0.09 + 0.06 + 0.08 = 0.23$$

El Estudiante Código E001 tiene un ajuste moderado al estilo requerido por este proyecto, lo cual respalda su asignación al mismo.

### **Proyecto 3: Campaña de Concientización sobre Patrimonio Cultural**

Perfil de estilos de aprendizaje Estudiante Código E001

- Visual: 30%
- Auditivo: 30%
- Lector/Escritor: 15%
- Kinestésico: 25%

Cálculo:

$$AE_{\text{proyecto 3}} = (30\% * 0.40) + (30\% * 0.30) + (15\% * 0.30) = 0.12 + 0.09 + 0.05 = 0.26$$

Este resultado indica una adecuación relativamente regular del Estudiante Código E001, especialmente teniendo en cuenta el énfasis auditivo del Proyecto 3.

**Calculando para todos los estudiantes:**

**Tabla 9**

*Adecuación al Estilo de Aprendizaje por Proyecto*

<b>Código Estudiante</b>	<b>AE Proyecto 1</b>	<b>AE Proyecto 2</b>	<b>AE Proyecto 3</b>
E001	0,25	0,23	0,26
E002	0,28	0,31	0,25
E003	0,31	0,27	0,17
E004	0,29	0,26	0,25
E005	0,23	0,26	0,27
E006	0,24	0,26	0,25
E007	0,26	0,22	0,24
E008	0,25	0,25	0,25
E009	0,26	0,27	0,25
E010	0,31	0,30	0,27
E011	0,27	0,24	0,21
E012	0,28	0,26	0,22
E013	0,3	0,28	0,20
E014	0,25	0,25	0,25
E015	0,32	0,29	0,19
E016	0,23	0,24	0,29
E017	0,29	0,26	0,25
E018	0,28	0,26	0,25
E019	0,29	0,26	0,25
E020	0,27	0,24	0,21
E021	0,34	0,28	0,18
E022	0,34	0,28	0,10

Fuentes: Elaboración Propia, (2025).

Con todos los valores obtenidos de CA, AI, y AE estos serán usados como insumo en la Función Objetivo del Modelo, para encontrar la mejor combinación posible entre estudiantes y actividades ABP como a continuación se detalla.

### **Aplicación de la Función Objetivo**

El modelo matemático propuesto utiliza una función objetivo diseñada para maximizar la compatibilidad entre los estudiantes y las actividades ABP. Esta función integra tres criterios clave: Compatibilidad Académica (CA), Alineación con Intereses (AI) y Adecuación al Estilo de Aprendizaje (AE), ponderados según su importancia institucional, como se muestra en la *Tabla 4* ( $\alpha_1 = 0.3126, \alpha_2 = 0.3995, \alpha_3 = 0.2879$ ) estos pesos fueron establecidos mediante consenso docente durante sesiones colaborativas, asegurando que reflejen las prioridades pedagógicas de la institución, el objetivo del modelo es asignar proyectos de manera que se maximice tanto el rendimiento académico como la motivación estudiantil.

Como señala Coa-Mamani & Obregón-Ramos (2023) "Los modelos basados en optimización matemática han demostrado ser útiles para resolver problemas del mundo real, especialmente cuando intervienen múltiples criterios y objetivos" (párr. 8).

Este método no solo optimiza el proceso de asignación de proyectos, sino que también brinda a cada estudiante una experiencia de aprendizaje más personalizada y accesible, y a los docentes les facilita también la tarea. Además, Hernández-Sampieri et al. (2022) destacan que: "Los modelos de intervención educativa tienen mayor probabilidad de éxito cuando son diseñados con base en la experiencia práctica de los profesores" (p. 347).

$$\text{Maximizar } F(x) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (\alpha_1 \cdot CA_{ij} + \alpha_2 \cdot AI_{ij} + \alpha_3 \cdot AE_{ij}) \cdot x_{ij}$$

Donde:

- $x_{ij} = 1$  si el estudiante  $i$  es asignado al proyecto  $j$ , 0 en caso contrario

- $CA_{ij}$  = **Compatibilidad Académica** del estudiante  $i$  con el proyecto  $j$  (0-1)
- $AI_{ij}$  = **Alineación de Intereses** del estudiante  $i$  con el proyecto  $j$  (0-1)
- $AE_{ij}$  = **Adecuación de Estilo** del estudiante  $i$  con el proyecto  $j$  (0-1)

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ : Pesos institucionales validados por los docentes

Calculamos  $F(x)$  para un Estudiante Específico

Para ilustrar el funcionamiento del modelo, calculamos  $F(x)$  para el Estudiante

Código E001 y sus posibles proyectos:

### **Proyecto 1: Análisis de Calidad del Agua en el Río Local**

$$\begin{aligned} \text{Maximizar } F(x)_{\text{Proyecto 1}} &= ((0.313 * 0.97) + (0.399 * 0.49) + (0.288 * 0.25)) * 1 \\ &= (0.304 + 0.196 + 0.072) * 1 = 0.57 \end{aligned}$$

### **Proyecto 2: Desarrollo de app para reducir desperdicio alimentario**

$$\begin{aligned} \text{Maximizar } F(x)_{\text{Proyecto 2}} &= ((0.313 * 1) + (0.399 * 0.20) + (0.288 * 0.23)) * 1 \\ &= (0.313 + 0.080 + 0.066) * 1 = 0.46 \end{aligned}$$

### **Proyecto 3: Campaña de Concientización sobre Patrimonio Cultural**

$$\begin{aligned} \text{Maximizar } F(x)_{\text{Proyecto 3}} &= ((0.313 * 0.93) + (0.399 * 0.54) + (0.288 * 0.26)) * 1 \\ &= (0.291 + 0.216 + 0.075) * 1 = 0.58 \end{aligned}$$

### **Comparación de los Resultados:**

- Proyecto 1:  $F(x) = 0.57$
- Proyecto 2:  $F(x) = 0.46$
- Proyecto 3:  $F(x) = 0.58$

El Proyecto 3 tiene el puntaje más alto ( $F(x) = 0.58$ ), lo que indica que es la mejor opción para el Estudiante E001 en términos de compatibilidad global. Esta asignación refleja una combinación equilibrada de su rendimiento académico, intereses personales y estilo de aprendizaje, asegurando una experiencia educativa personalizada y motivadora. Este proceso no solo optimiza la asignación de proyectos, sino que también se refuerza la

propuesta de un aprendizaje inclusivo y orientado a la singularidad, tal como señalan Hernández Sampieri et al. (2022) “Los modelos de intervención pedagógica bien diseñados pueden generar cambios medibles en el desempeño escolar cuando se aplican estrategias personalizadas” (p. 342).

### **Razones Detrás de la Asignación:**

#### **1. CA:**

- El estudiante tiene un buen desempeño académico ( $CA = 0.93$ ) en materias relevantes para el Proyecto 3, como Lengua, Literatura y Ciencias Sociales. Esto contribuye significativamente al puntaje final.

#### **2. AI:**

- El Proyecto 3 tiene una alta alineación con los intereses declarados por el estudiante ( $AI=0.54$ ). Esto sugiere que el tema de patrimonio cultural resuena con sus preferencias personales, aumentando su motivación.

#### **3. AE:**

- El estilo de aprendizaje del estudiante ( $AE = 0.26$ ) se ajusta razonablemente bien al Proyecto 3, que tiene un fuerte componente auditivo y visual. Esto refuerza su capacidad para participar activamente en las actividades propuestas.

#### **4. Pesos Institucionales:**

- Los pesos Institucionales ( $\alpha_1 = 0.313, \alpha_2 = 0.399, \alpha_3 = 0.288$ ) priorizan la *AI* como el criterio más importante, seguido de cerca por la *CA*, es así que el Proyecto 3 destaca en ambos aspectos, lo que explica su puntaje superior.

## Resultados de la Asignación

Con base en los cálculos efectuados para todos los estudiantes, se procede a mostrar la síntesis de resultados a través de la tabla que se expone a continuación:

**Tabla 10**

*Aplicación de la Función Objetivo por Proyecto*

<b>Código Estudiante</b>	<b><math>F(x)</math> Proyecto 1</b>	<b><math>F(x)</math> Proyecto 2</b>	<b><math>F(x)</math> Proyecto 3</b>	<b>Proyecto Asignado</b>
E001	0,57	0,46	0,58	Proyecto 3
E002	0,74	0,75	0,71	Proyecto 2
E003	0,63	0,64	0,60	Proyecto 2
E004	0,73	0,73	0,68	Proyecto 2
E005	0,48	0,51	0,60	Proyecto 3
E006	0,61	0,58	0,56	Proyecto 1
E007	0,49	0,49	0,53	Proyecto 3
E008	0,56	0,56	0,54	Proyecto 1
E009	0,67	0,55	0,61	Proyecto 1
E010	0,42	0,56	0,44	Proyecto 2
E011	0,57	0,53	0,59	Proyecto 3
E012	0,74	0,72	0,61	Proyecto 1
E013	0,51	0,50	0,58	Proyecto 3
E014	0,69	0,65	0,65	Proyecto 1
E015	0,55	0,52	0,63	Proyecto 3
E016	0,72	0,66	0,74	Proyecto 3
E017	0,70	0,64	0,68	Proyecto 1
E018	0,67	0,66	0,70	Proyecto 3
E019	0,72	0,68	0,68	Proyecto 1
E020	0,58	0,53	0,57	Proyecto 1
E021	0,75	0,72	0,58	Proyecto 1
E022	0,78	0,76	0,34	Proyecto 1

Fuentes: Elaboración propia, (2025).

Los valores presentados en la Tabla 10 sintetiza los valores numéricos calculados resultantes de encuestas aplicadas a los alumnos del 2do “A” BGU-UEMOP considerando sus calificaciones académicas, intereses temáticos y estilos de aprendizaje.

Cada asignación de proyectos se realiza buscando maximizar el puntaje  $F(x)$  para cada estudiante, tomando en cuenta tres criterios clave: CA, AI y AE, mientras se respetan

las restricciones del modelo, como el número mínimo y máximo de estudiantes por proyecto. Este enfoque garantiza que cada estudiante sea asignado a un proyecto que no solo potencie su rendimiento académico, sino que también aumente su motivación, promoviendo así una experiencia educativa más personalizada y efectiva, como señala Coa-Mamani & Obregón-Ramos (2023), “los modelos basados en optimización matemática permiten resolver problemas complejos del mundo real, especialmente cuando intervienen múltiples criterios y objetivos” (párr. 8), de esta manera, el algoritmo no solo canaliza de manera eficiente la distribución de proyectos, sino que, al integrar elementos de diferenciación, favorece una educación inclusiva ajustada a las características de cada estudiante, con repercusión positiva en la labor docente y en el aprendizaje de los educandos.

### **Optimización del Equilibrio entre Compatibilidad y Tamaño de Grupos**

En esta sección, se describe el proceso utilizado para asignar estudiantes a actividades ABP, considerando tanto la maximización de su compatibilidad individual (basada en CA, AI y AE) como el equilibrio en el tamaño de los grupos, este enfoque asegura una distribución justa y eficiente que respeta las restricciones institucionales.

### **Modelo de Decisión para Reasignación de Proyectos en Excel: Fundamento Matemático y Aplicación**

La fórmula se basa en la función SI (análoga a una función indicadora en lógica matemática), combinada con operadores lógicos Y, además, utiliza funciones estadísticas como MAX y K. ESIMO.MAYOR, así como la función de conteo CONTAR.SI. que en conjunto permiten simular un sistema de asignación con restricciones y prioridades. Formalmente, se puede modelar como una función de asignación que evalúa condiciones específicas para determinar la selección óptima de proyectos

La fórmula se puede entender como un modelo de decisión para la asignación de proyectos, basado en la maximización de rendimientos y el control de seleccionados. A continuación, se presentan los componentes clave de este modelo.

### Fundamento matemático del modelo

$$f: \mathbb{R}^3 \times \mathbb{N}^3 \rightarrow \{P_1, P_2, P_3\}$$

Donde:

- Sean  $P_1, P_2, P_3$  los proyectos disponibles.
- Sean  $x_1, x_2, x_3$  los valores asociados a cada proyecto, que representan su rendimiento.
- Sea  $C(P_j)$  es el número de veces que el proyecto  $P_j$  ha sido asignado.
- y  $f$  devuelve el proyecto óptimo a asignar bajo ciertas condiciones

Condiciones

Máximos:

$$M = \max(x_1, x_2, x_3)$$

Restricciones de Conteo:

$$C(P_j) < 8 \text{ para } j = 1, 2, 3$$

Selección de Proyectos

La selección del proyecto  $S$  se realiza bajo las siguientes condiciones:

$$S = \begin{cases} P_1, & \text{si } (x_1 = M \wedge C(P_1) < 8) \\ P_2, & \text{si } (x_2 = M \wedge C(P_2) < 8) \\ P_3, & \text{si } (x_3 = M \wedge C(P_3) < 8) \\ P_1, & \text{si } (x_1 = K_2(x_1, x_2, x_3) \wedge (C(P_1) < 8)) \\ P_2, & \text{si } (x_2 = K_2(x_1, x_2, x_3) \wedge (C(P_2) < 8)) \\ P_3, & \text{si } (x_3 = K_2(x_1, x_2, x_3) \wedge (C(P_3) < 8)) \\ P_1, & \text{si } C(P_1) \leq \min(C(P_2), C(P_3)) \\ P_2, & \text{si } C(P_2) \leq \min(C(P_1), C(P_3)) \\ P_3, & \text{en otro caso} \end{cases}$$

### Notación

- $K_2(x_1, x_2, x_3)$  denota el segundo mayor valor entre  $x_1, x_2, x_3$ .

La función de decisión se define como:

$$f(x_1, x_2, x_3, C(P_1), C(P_2), C(P_3)) \rightarrow P_j$$

bajo las siguientes condiciones jerárquicas:

1. Máximo rendimiento con restricción de frecuencia:

$$\text{Si } x_j = \max(x_1, x_2, x_3) \wedge C(P_j) < 8 \Rightarrow f = P_j$$

2. Segundo mejor rendimiento con restricción:

$$\text{Si } x_j = K_2(x_1, x_2, x_3) \wedge C(P_j) < 8 \Rightarrow f = P_j$$

3. Asignación por menor frecuencia:

$$\text{Si } C(P_j) \leq \min(C(P_k), C(P_l)) \Rightarrow f = P_j$$

Este modelo se alinea a la formulación típica de la teoría de la decisión bajo restricciones en la que se persigue la maximización de una función objetivo (en este caso, el rendimiento del proyecto) bajo condiciones de capacidad (límite de asignaciones), según He & Liu, (2025) destacan que el uso de modelos de decisión en contexto de incertidumbre y de criterios múltiples ofrece una vía eficaz para la optimización de recursos en entornos dinámicos, contexto en el que resulta imprescindible conciliar, de manera simultánea, la búsqueda de eficiencia operacional y la consecución de criterios de equidad distributiva.

Además, el uso de herramientas como Excel para implementar estos modelos ha sido promovido en entornos educativos y profesionales, como se evidencia en los materiales de apoyo de Accounting Principles de Wiley, donde se integran funciones avanzadas de Excel para resolver problemas de asignación y análisis de datos (Weygandt et al., 2020).

La fórmula en Excel se estructura de la siguiente manera:

```
=SI(Y(H126=MAX(H126:J126);CONTAR.SI($L$125:L125;"Proyecto 1")<8);"Proyecto 1";
SI(Y(I126=MAX(H126:J126);CONTAR.SI($L$125:L125;"Proyecto 2")<8);"Proyecto 2";
SI(Y(J126=MAX(H126:J126);CONTAR.SI($L$125:L125;"Proyecto 3")<8);"Proyecto 3";
SI(Y(H126=K.ESIMO.MAYOR(H126:J126;2);CONTAR.SI($L$125:L125;"Proyecto 1")<8);"Proyecto 1";
SI(Y(I126=K.ESIMO.MAYOR(H126:J126;2);CONTAR.SI($L$125:L125;"Proyecto 2")<8);"Proyecto 2";
SI(Y(J126=K.ESIMO.MAYOR(H126:J126;2);CONTAR.SI($L$125:L125;"Proyecto 3")<8);"Proyecto 3";
SI(CONTAR.SI($L$125:L125;"Proyecto 1")<=MIN(CONTAR.SI($L$125:L125;"Proyecto 2");CONTAR.SI($L$125:L125;"Proyecto 3"));"Proyecto 1";
SI(CONTAR.SI($L$125:L125;"Proyecto 2")<=MIN(CONTAR.SI($L$125:L125;"Proyecto 1");CONTAR.SI($L$125:L125;"Proyecto 3"));"Proyecto 2";
"Proyecto 3"))))))))
```

## 1) Aplicación Práctica

A continuación, se presenta la aplicación del modelo de optimización utilizando datos reales de 22 estudiantes del paralelo “A” de 2do “A” BGU-UEMOP, los resultados muestran tanto la asignación inicial basada en la maximización individual de  $F(x)$  como la asignación final equilibrada que considera las restricciones de tamaño grupal.

### Datos de Asignación

La tabla siguiente muestra los valores de  $F(x)$  para cada estudiante y proyecto, junto con la asignación inicial y la asignación final equilibrada:

**Tabla 11**

*Asignación de Actividades ABP con Equilibrio Grupal*

<b>Código Estudiante</b>	<b><math>F(x)</math> Proyecto 1</b>	<b><math>F(x)</math> Proyecto 2</b>	<b><math>F(x)</math> Proyecto 3</b>	<b>Proyecto Asignado</b>	<b>Proyecto Final (Equilibrado)</b>
E001	0,57	0,46	0,58	Proyecto 3	Proyecto 3
E002	0,74	0,75	0,71	Proyecto 2	Proyecto 2
E003	0,63	0,64	0,60	Proyecto 2	Proyecto 2
E004	0,73	0,73	0,68	Proyecto 2	Proyecto 2
E005	0,48	0,51	0,60	Proyecto 3	Proyecto 3
E006	0,61	0,58	0,56	Proyecto 1	Proyecto 1
E007	0,49	0,49	0,53	Proyecto 3	Proyecto 3
E008	0,56	0,56	0,54	Proyecto 1	Proyecto 1
E009	0,67	0,55	0,61	Proyecto 1	Proyecto 1
E010	0,42	0,56	0,44	Proyecto 2	Proyecto 2
E011	0,57	0,53	0,59	Proyecto 3	Proyecto 3
E012	0,74	0,72	0,61	Proyecto 1	Proyecto 1
E013	0,51	0,50	0,58	Proyecto 3	Proyecto 3

E014	0,69	0,65	0,65	Proyecto 1	Proyecto 1
E015	0,55	0,52	0,63	Proyecto 3	Proyecto 3
E016	0,72	0,66	0,74	Proyecto 3	Proyecto 3
E017	0,70	0,64	0,68	Proyecto 1	Proyecto 1
E018	0,67	0,66	0,70	Proyecto 3	Proyecto 3
E019	0,72	0,68	0,68	Proyecto 1	Proyecto 1
E020	0,58	0,53	0,57	Proyecto 1	Proyecto 1
E021	0,75	0,72	0,58	Proyecto 1	Proyecto 2
E022	0,78	0,76	0,34	Proyecto 1	Proyecto 2

Fuente. Elaboración propia, (2025).

Los valores  $F(x)$  de la Tabla 11, representan la compatibilidad individual de cada estudiante con los proyectos disponibles. La columna "Proyecto Asignado" muestra la asignación inicial basada en el mayor puntaje  $F(x)$ , mientras que "Proyecto Final (Equilibrado)" refleja ajustes para cumplir las restricciones de tamaño grupal ( $\min_j = 6, \max_j = 8$ ).

## 2) Asignación Inicial vs. Asignación Final

La asignación inicial se realizó maximizando  $F(x)$  para cada estudiante, lo que resultó en la siguiente distribución:

- Proyecto 1: 10 estudiantes
- Proyecto 2: 4 estudiantes
- Proyecto 3: 8 estudiantes

Sin embargo, esta distribución no cumplía con las restricciones de tamaño grupal ( $\min_j = 6, \max_j = 8$ ). Por lo tanto, se realizó un ajuste para equilibrar los grupos, obteniendo la siguiente distribución final:

- Proyecto 1: 8 estudiantes
- Proyecto 2: 6 estudiantes
- Proyecto 3: 8 estudiantes

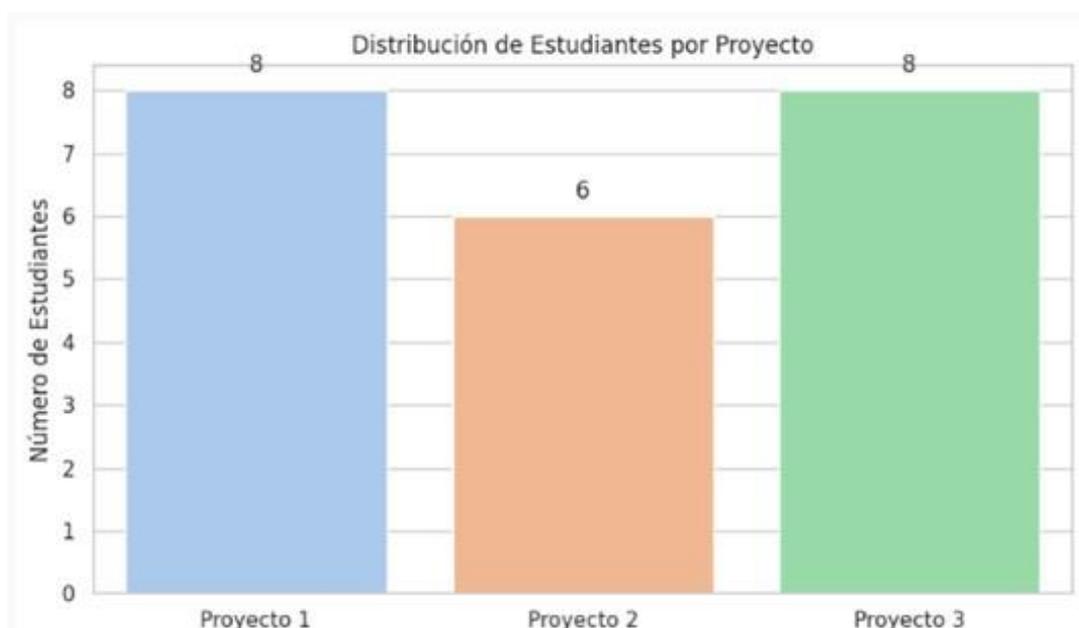
### Distribución Final de Estudiantes

La distribución definitiva de estudiantes asignados a cada uno de los proyectos se sintetiza a continuación, a partir de los datos presentados en la Tabla 11:

- Proyecto 1: 8 estudiantes (E006, E008, E009, E012, E014, E017, E019, E020)
- Proyecto 2: 6 estudiantes (E002, E003, E004, E010, E021, E022)
- Proyecto 3: 8 estudiantes (E001, E005, E007, E011, E013, E015, E016, E018)

**Figura 6**

*Distribución estudiantes por Proyecto*



Fuente: Elaboración Propia (2025)

Esta distribución cumple con las restricciones institucionales y asegura un equilibrio adecuado entre los grupos.

### 3) Validación del Equilibrio

La asignación final cumple con los siguientes criterios:

1. Tamaño de los grupos: Todos los proyectos tienen entre 6 y 8 estudiantes.

2. Compatibilidad global: Los estudiantes reasignados mantienen valores aceptables de  $F(x)$ , minimizando el impacto negativo en su compatibilidad individual.
3. Diversidad grupal: Cada grupo incluye una mezcla equilibrada de estilos de aprendizaje, roles colaborativos y niveles de rendimiento académico.

La aplicación práctica del modelo evidencia su capacidad para asignar a los estudiantes en actividades ABP de forma equilibrada y ajustada a las características individuales, sin vulnerar las restricciones institucionales y a la vez singularizando la motivación y el potencial de rendimiento de los alumnos. Este enfoque no solo asegura una experiencia educativa inclusiva y eficaz, sino que también refleja lo destacado por Coa-Mamani & Obregón-Ramos (2023): “Los modelos basados en optimización matemática permiten resolver problemas complejos del mundo real, especialmente cuando intervienen múltiples criterios y objetivos” (párr. 8), Esta afirmación proporciona una confirmación explícita de la viabilidad del sistema en escenarios educativos auténticos. El marco metodológico, por tanto, se erige en un avance relevante para la gestión educativa y se ajusta a los objetivos de calidad y equidad enunciados por la normativa educativa vigente.

### **Asignación de Roles en Equipos de Trabajo**

La asignación de roles dentro de los equipos de trabajo es un componente esencial para garantizar una colaboración efectiva y equilibrada en actividades ABP. Los roles no solo reflejan las fortalezas individuales de los estudiantes, sino que también promueven una distribución adecuada de responsabilidades dentro del grupo. Para este propósito, se diseñó un sistema basado en encuestas previas donde los estudiantes evaluaron su identificación con diferentes roles mediante una escala de Likert de diez niveles donde 1 es "No me identifico en absoluto" y 10 es "Me identifico totalmente". Posteriormente con esta

información, se implementó una fórmula lógica en Microsoft Excel que asigna automáticamente el rol con mayor puntaje para cada estudiante.

**Tabla 12**

*Roles en equipos de trabajo*

Código Estudiante	Líder /Coordinador	Creativo /Innovador	Analítico /Investigador	Organizador /Planificador	Comunicador /Relaciones	Finalizador /Perfeccionista	Implementador /Práctico
E001	10	6	9	7	10	10	9
E002	10	8	8	10	9	10	9
E003	1	1	2	2	2	4	1
E004	8	10	7	9	9	9	7
E005	7	8	5	8	8	9	5
E006	9	8	8	8	9	10	9
E007	9	9	5	9	7	8	9
E008	6	7	3	5	8	8	8
E009	6	8	5	5	3	7	3
E010	10	6	5	7	2	1	6
E011	10	6	6	10	4	9	6
E012	7	7	9	10	9	5	9
E013	8	6	6	7	5	7	7
E014	7	8	8	9	10	8	8
E015	5	5	5	7	3	4	4
E016	10	10	9	9	9	10	8
E017	8	8	8	8	8	9	8
E018	8	9	8	8	7	8	8
E019	10	10	10	10	10	10	10
E020	2	7	7	5	4	7	6
E021	4	4	6	6	8	5	8
E022	9	9	10	10	10	1	10

Fuente. Elaboración propia, (2025).

**Proceso de Asignación de Roles**

El proceso de asignación de roles utiliza una función condicional en Excel que identifica el valor máximo dentro de los puntajes asignados por el estudiante a cada rol. La fórmula selecciona el rol correspondiente al puntaje más alto, asegurando que cada estudiante sea asignado al rol con el que se identifica más fuertemente. Este enfoque garantiza que los roles sean asignados de manera objetiva y personalizada, maximizando la motivación y el rendimiento individual.

La formulación matemática detrás de esta fórmula es la siguiente:

$$R_i = \begin{cases} \text{Líder/Coordinador,} & \text{si } \max(V_{i1}, V_{i2}, \dots, V_{i7}) = V_{i1} \\ \text{Creativo/Innovador,} & \text{si } \max(V_{i1}, V_{i2}, \dots, V_{i7}) = V_{i2} \\ \text{Analítico/Investigador,} & \text{si } \max(V_{i1}, V_{i2}, \dots, V_{i7}) = V_{i3} \\ \text{Organizador/Planificador,} & \text{si } \max(V_{i1}, V_{i2}, \dots, V_{i7}) = V_{i4} \\ \text{Comunicador/Relaciones,} & \text{si } \max(V_{i1}, V_{i2}, \dots, V_{i7}) = V_{i5} \\ \text{Finalizador/Perfeccionista,} & \text{si } \max(V_{i1}, V_{i2}, \dots, V_{i7}) = V_{i6} \\ \text{Implementador/Práctico,} & \text{si } \max(V_{i1}, V_{i2}, \dots, V_{i7}) = V_{i7} \end{cases}$$

Donde:

- $R_i$  : Rol asignado al estudiante  $i$  .
- $V_{i1}, V_{i2}, \dots, V_{i7}$ : Puntajes del estudiante  $i$  para los roles Líder/Coordinador, Creativo/Innovador, Analítico/Investigador, Organizador/Planificador, Comunicador/Relaciones, Finalizador/Perfeccionista e Implementador/Práctico, respectivamente.
- $\max(V_{i1}, V_{i2}, \dots, V_{i7})$  : Valor máximo entre los puntajes asignados por el estudiante  $i$  .

En términos prácticos, la fórmula en Excel se estructura de la siguiente manera:

```
=SI(MAX(AX3:BD3)=AX3;"Líder/Coordinador";
SI(MAX(AX3:BD3)=AY3;"Creativo/Innovador";
SI(MAX(AX3:BD3)=AZ3;"Analítico/Investigador";
SI(MAX(AX3:BD3)=BA3;"Organizador/Planificador";
SI(MAX(AX3:BD3)=BB3;"Comunicador/Relaciones";
SI(MAX(AX3:BD3)=BC3;"Finalizador/Perfeccionista";
SI(MAX(AX3:BD3)=BD3;"Implementador/Práctico";
"Sin rol claro")))))))|
```

Esta fórmula verifica secuencialmente cuál de los puntajes es el más alto y asigna el rol correspondiente. En caso de empate (es decir, si dos o más roles tienen el mismo puntaje máximo), la fórmula selecciona el primer rol en orden de aparición en la lista.

## Resultados de la Asignación de Roles

La tabla que se presenta a continuación detalla la distribución final de roles para los 22 estudiantes del paralelo “A” de 2do de BGU-UEMOP. Cada estudiante ha sido asignado al rol con el que se identifica más fuertemente, según los puntajes obtenidos en la encuesta.

**Tabla 13**

### *Asignación de Roles*

Código Estudiante	$F(x)$ Proyecto 1	$F(x)$ Proyecto 2	$F(x)$ Proyecto 3	Proyecto Asignado	Proyecto Final (Equilibrado)	Identificación de Roles
E001	0,57	0,46	0,58	Proyecto 3	Proyecto 3	Líder/Coordinador
E002	0,74	0,75	0,71	Proyecto 2	Proyecto 2	Líder/Coordinador
E003	0,63	0,64	0,60	Proyecto 2	Proyecto 2	Finalizador/Perfeccionista
E004	0,73	0,73	0,68	Proyecto 2	Proyecto 2	Creativo/Innovador
E005	0,48	0,51	0,60	Proyecto 3	Proyecto 3	Finalizador/Perfeccionista
E006	0,61	0,58	0,56	Proyecto 1	Proyecto 1	Finalizador/Perfeccionista
E007	0,49	0,49	0,53	Proyecto 3	Proyecto 3	Líder/Coordinador
E008	0,56	0,56	0,54	Proyecto 1	Proyecto 1	Comunicador/Relaciones
E009	0,67	0,55	0,61	Proyecto 1	Proyecto 1	Creativo/Innovador
E010	0,42	0,56	0,44	Proyecto 2	Proyecto 2	Líder/Coordinador
E011	0,57	0,53	0,59	Proyecto 3	Proyecto 3	Líder/Coordinador
E012	0,74	0,72	0,61	Proyecto 1	Proyecto 1	Organizador/Planificador
E013	0,51	0,50	0,58	Proyecto 3	Proyecto 3	Líder/Coordinador
E014	0,69	0,65	0,65	Proyecto 1	Proyecto 1	Comunicador/Relaciones
E015	0,55	0,52	0,63	Proyecto 3	Proyecto 3	Organizador/Planificador
E016	0,72	0,66	0,74	Proyecto 3	Proyecto 3	Líder/Coordinador
E017	0,70	0,64	0,68	Proyecto 1	Proyecto 1	Finalizador/Perfeccionista
E018	0,67	0,66	0,70	Proyecto 3	Proyecto 3	Creativo/Innovador
E019	0,72	0,68	0,68	Proyecto 1	Proyecto 1	Líder/Coordinador
E020	0,58	0,53	0,57	Proyecto 1	Proyecto 1	Creativo/Innovador
E021	0,75	0,72	0,58	Proyecto 1	Proyecto 2	Comunicador/Relaciones
E022	0,78	0,76	0,34	Proyecto 1	Proyecto 2	Analítico/Investigador

Fuente: Elaboración propia, (2025).

### **Análisis de los Resultados**

La asignación de roles revela una distribución diversa y equilibrada de funciones dentro de los equipos. Por ejemplo:

El rol de Líder/Coordinador fue asignado a estudiantes como E001, E002 y E016, quienes mostraron una alta identificación con habilidades de liderazgo y coordinación.

El rol de Creativo/Innovador fue asignado a estudiantes como E004 y E018, destacando su capacidad para proponer ideas innovadoras y soluciones creativas.

El rol de Analítico/Investigador fue asignado a estudiantes como E022, quienes demostraron habilidades críticas y analíticas.

Este enfoque permite que cada equipo tenga una combinación equilibrada de roles, lo cual es fundamental para el éxito de actividades ABP, además, la asignación de roles basada en la autoevaluación de los estudiantes asegura que cada individuo participe en actividades que se alineen con sus intereses y fortalezas, lo cual aumenta su motivación y compromiso con el proyecto.

### **Consideraciones Finales**

La integración de estructuras de roles en el sistema de asignación de actividad ABP no solo optimiza la colaboración dentro de los equipos, sino que también promueve el desarrollo integral de los estudiantes. Al asignar roles basados en sus preferencias y fortalezas, se construye un entorno educativo inclusivo y personalizado, en el cual la aportación de cada estudiante es pertinente y decisiva para el logro colectivo de los objetivos del proyecto.

A la luz de las evidencias acumuladas y en virtud de los ciclos de mejora contemplados en la práctica docente, se sugiere la instalación de un mecanismo sistemático de valoración post-proyecto. Esta herramienta de retroalimentación, diseñada para analizar la eficacia de la asignación de roles y reformular el esquema operativo, ofrece la oportunidad de optimizar el dispositivo de asignación de funciones de forma continua, garantizando su

alineamiento con las exigencias evolutivas de los aprendices y la diversificación de los desafíos presentados por cada proyecto.

#### **4.4 Análisis de Sensibilidad del Sistema (AS) de Asignación Optimizada de actividad ABP**

El AS constituye un mecanismo esencial para medir el grado de robustez y flexibilidad del sistema de asignación optimizada de actividades ABP. Permite explorar cómo las variaciones en ciertos parámetros influyen en los resultados finales del modelo. Según Borgonovo & Plischke (2016), esta metodología no solo ayuda a entender el efecto individual de cada variable sobre el desempeño general del sistema, sino que también ofrece información valiosa para ajustar y perfeccionar modelos complejos como el desarrollado en esta investigación.

En el ámbito educativo, el AS ha demostrado ser útil en diversas aplicaciones, como la distribución de recursos académicos, la optimización de políticas educativas y la mejora de estrategias pedagógicas. Por ejemplo, Martínez Iriarte (2021) empleó esta técnica para estudiar la relación entre formación académica y niveles salariales, subrayando su capacidad para establecer límites matemáticos que validan las conclusiones obtenidas. En este estudio, el AS se utiliza para examinar cómo los cambios en los pesos institucionales ( $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ ) impactan en la asignación final de actividades ABP, este enfoque garantiza que el sistema no solo sea técnicamente robusto, sino también relevante desde una perspectiva pedagógica.

##### **Escenarios Alternativos**

Para realizar el AS, evaluaremos diferentes combinaciones de pesos y analizaremos su impacto en las asignaciones finales. Los escenarios propuestos son:

**Tabla 14***Escenarios propuestos*

<b>Escenario</b>	<b>CA</b>	<b>AI</b>	<b>AE</b>	<b>Descripción</b>
Base	0,313	0,399	0,288	Asignación inicial basada en los pesos Institucionales Calculados.
Académico	0,5	0,3	0,2	Prioriza la CA.
Intereses	0,2	0,6	0,2	Prioriza la AI.
Estilos	0,2	0,3	0,5	Prioriza la AE.

Fuente: Elaboración propia, (2025).

**Resultados del AS****Escenario Base: Equilibrio entre Criterios**

Observar Tabla 10, donde se presentan los resultados derivados de la Aplicación de la Función Objetivo por Proyecto

En el escenario base, los pesos institucionales fueron definidos como  $\alpha_1 = 0.313$  CA,  $\alpha_2 = 0.399$  AI, y  $\alpha_3 = 0.288$  AE, esta configuración refleja un equilibrio ponderado entre los tres criterios, priorizando ligeramente la alineación con intereses ( $\alpha_2$ ) sin desatender la CA ni la AE, por lo que como señala Hernández-Sampieri et al. (2022), la combinación de métodos lógicos y empíricos, junto con herramientas como el AS, permite una evaluación integral y robusta de los efectos del sistema propuesto.

Las asignaciones resultantes muestran una distribución equilibrada de estudiantes entre los tres proyectos, respetando las restricciones de tamaño grupal ( $min_j = 6$ ,  $max_j = 8$ ). Por ejemplo, estudiantes como E001, E005 y E016 fueron asignados al Proyecto 3 debido a su alta compatibilidad global con este proyecto, mientras que otros como E002, E003 y E004 mostraron una mayor afinidad con el Proyecto 2, este escenario destaca la importancia de mantener un equilibrio entre los criterios, ya que garantiza una asignación justa y personalizada que responde a las necesidades individuales y grupales.

**Asignaciones Finales:**

- Proyecto 1: E006, E008, E009, E012, E014, E017, E019, E020
- Proyecto 2: E002, E003, E004, E010, E021, E022
- Proyecto 3: E001, E005, E007, E011, E013, E015, E016, E018

Esta situación destaca la importancia de mantener un equilibrio entre los criterios, ya que garantiza una asignación justa y personalizada que responde a las necesidades individuales y grupales, sin embargo, también revela cierta vulnerabilidad ante cambios en los pesos. Por ejemplo, E021 fue asignado al Proyecto 2 en lugar del Proyecto 1, lo que sugiere que su asignación podría ser sensible a ajustes en los criterios de evaluación, esto subraya la necesidad de validar el modelo mediante análisis adicionales.

**Escenario Académico: Priorización de la CA****Tabla 15***Resultados Priorización de la CA*

<b>Código Estudiante</b>	<b><math>F(x)</math> Proyecto 1</b>	<b><math>F(x)</math> Proyecto 2</b>	<b><math>F(x)</math> Proyecto 3</b>	<b>Proyecto Asignado</b>	<b>Proyecto Final (Equilibrado)</b>
E001	0,68	0,60	0,68	Proyecto 3	Proyecto 3
E002	0,79	0,81	0,73	Proyecto 2	Proyecto 2
E003	0,67	0,66	0,66	Proyecto 1	Proyecto 1
E004	0,76	0,79	0,74	Proyecto 2	Proyecto 2
E005	0,55	0,58	0,65	Proyecto 3	Proyecto 3
E006	0,66	0,64	0,63	Proyecto 1	Proyecto 1
E007	0,59	0,59	0,60	Proyecto 3	Proyecto 3
E008	0,65	0,64	0,63	Proyecto 1	Proyecto 1
E009	0,69	0,56	0,62	Proyecto 1	Proyecto 1
E010	0,53	0,64	0,54	Proyecto 2	Proyecto 2
E011	0,65	0,62	0,65	Proyecto 1	Proyecto 1
E012	0,79	0,77	0,71	Proyecto 1	Proyecto 1
E013	0,59	0,58	0,65	Proyecto 3	Proyecto 3
E014	0,72	0,68	0,69	Proyecto 1	Proyecto 1
E015	0,58	0,57	0,69	Proyecto 3	Proyecto 3
E016	0,81	0,75	0,81	Proyecto 3	Proyecto 3
E017	0,73	0,69	0,72	Proyecto 1	Proyecto 1

E018	0,73	0,72	0,77	Proyecto 3	Proyecto 3
E019	0,74	0,68	0,68	Proyecto 1	Proyecto 3
E020	0,65	0,62	0,64	Proyecto 1	Proyecto 2
E021	0,79	0,78	0,65	Proyecto 1	Proyecto 2
E022	0,82	0,81	0,48	Proyecto 1	Proyecto 2

Fuente: Elaboración propia, (2025).

En el escenario académico, los pesos se ajustaron a  $\alpha_1 = 0.5$ ,  $\alpha_2 = 0.3$  y  $\alpha_3 = 0.2$ , priorizando la CA sobre los demás criterios, este cambio tiene un impacto significativo en las asignaciones, especialmente para estudiantes con alto rendimiento académico.

Al aumentar el peso de CA, los estudiantes con mayores puntajes académicos son favorecidos en la asignación. Esto provoca cambios significativos:

- E012 y E014, quienes destacan en materias críticas, son reasignados al Proyecto 1, donde sus habilidades académicas pueden ser mejor aprovechadas.
- E019, quien fue asignado al Proyecto 1 en el escenario inicial, ahora forma parte del Proyecto 3, lo que sugiere una redistribución por compatibilidad global.
- E021 y E022, inicialmente asignados al Proyecto 1, fueron finalmente ubicados en el Proyecto 2, probablemente para equilibrar los grupos.

#### **Asignaciones Finales:**

- Proyecto 1: E003, E006, E008, E009, E011, E012, E014, E017
- Proyecto 2: E002, E004, E010, E020, E021, E022
- Proyecto 3: E001, E005, E007, E013, E015, E016, E018, E019

Este marco también evidenció cambios notables en la composición de los grupos. Por ejemplo, E018 permanece en el Proyecto 3, pero su estilo kinestésico podría haberlo favorecido en otros proyectos, E005 y E007 permanecen en el Proyecto 3, aunque su baja

compatibilidad académica sugiere que podrían no alcanzar su máximo potencial en este grupo. sin embargo, esta priorización generó ciertos desequilibrios en términos de diversidad de intereses y estilos de aprendizaje.

La dimensión académica demuestra que, aunque priorizar la CA puede mejorar el rendimiento general de los grupos, también puede desfavorecer a estudiantes con intereses o estilos de aprendizaje específicos, este hallazgo indica que el énfasis excesivo en el rendimiento académico puede debilitar la motivación intrínseca y participación activa de ciertos alumnos en los procesos de enseñanza-aprendizaje.

### Escenario Intereses: Priorización de AI

**Tabla 16**

*Resultados Priorización de la AI*

<b>Código Estudiante</b>	<b><math>F(x)</math> Proyecto 1</b>	<b><math>F(x)</math> Proyecto 2</b>	<b><math>F(x)</math> Proyecto 3</b>	<b>Proyecto Asignado</b>	<b>Proyecto Final (Equilibrado)</b>
E001	0,54	0,36	0,56	Proyecto 3	Proyecto 3
E002	0,81	0,79	0,80	Proyecto 1	Proyecto 1
E003	0,66	0,70	0,64	Proyecto 2	Proyecto 2
E004	0,80	0,80	0,73	Proyecto 2	Proyecto 2
E005	0,49	0,50	0,63	Proyecto 3	Proyecto 3
E006	0,64	0,60	0,57	Proyecto 1	Proyecto 1
E007	0,44	0,45	0,53	Proyecto 3	Proyecto 3
E008	0,56	0,55	0,52	Proyecto 1	Proyecto 1
E009	0,76	0,62	0,69	Proyecto 1	Proyecto 1
E010	0,35	0,55	0,37	Proyecto 2	Proyecto 2
E011	0,56	0,52	0,62	Proyecto 3	Proyecto 3
E012	0,81	0,77	0,60	Proyecto 1	Proyecto 1
E013	0,48	0,47	0,60	Proyecto 3	Proyecto 3
E014	0,78	0,71	0,71	Proyecto 1	Proyecto 1
E015	0,58	0,53	0,68	Proyecto 3	Proyecto 3
E016	0,77	0,69	0,79	Proyecto 3	Proyecto 3
E017	0,76	0,69	0,75	Proyecto 1	Proyecto 1
E018	0,71	0,70	0,75	Proyecto 3	Proyecto 3
E019	0,81	0,78	0,78	Proyecto 1	Proyecto 1
E020	0,59	0,52	0,59	Proyecto 3	Proyecto 2

E021	0,81	0,78	0,62	Proyecto 1	Proyecto 2
E022	0,85	0,84	0,25	Proyecto 1	Proyecto 2

Fuente: Elaboración propia, (2025).

En esta alternativa de intereses, los pesos se modificaron a  $\alpha_1 = 0.2$ ,  $\alpha_2 = 0.6$  y  $\alpha_3 = 0.2$ , priorizando la alineación con intereses, este cambio provoca una redistribución significativa de los estudiantes hacia proyectos que mejor se alinean con sus preferencias temáticas. Por ejemplo, el Proyecto 3 atrajo a un número considerablemente mayor de estudiantes, incluyendo E001, E005 y E011.

### Asignaciones Finales:

- Proyecto 1: E002, E006, E008, E009, E012, E014, E017, E019
- Proyecto 2: E003, E004, E010, E020, E021, E022
- Proyecto 3: E001, E005, E007, E011, E013, E015, E016, E018

El contexto analizado subraya la relevancia de integrar los intereses individuales de los alumnos en los criterios de asignación de proyectos. Por ejemplo, E020, cuyos intereses estaban alineados con el Proyecto 3, fue reasignado al Proyecto 2, lo que refleja el impacto de las restricciones grupales. Asimismo, E021 y E022, inicialmente asignados al Proyecto 1, fueron redistribuidos al Proyecto 2 para mantener el equilibrio.

El escenario de intereses pone de manifiesto que, aunque priorizar la alineación con intereses puede potenciar la motivación y la implicación activa de los discentes, también puede desfavorecer a aquellos con altos niveles de compatibilidad académica o estilos de aprendizaje específicos. Un énfasis exclusivo en los intereses individuales puede, por ende, perjudicar el equilibrio general del grupo y la eficacia del trabajo proyectual en su conjunto.

## Escenario Estilos: Priorización de la AE

**Tabla 17**

*Resultados Priorización de la AE*

<b>Código Estudiante</b>	<b><math>F(x)</math> Proyecto 1</b>	<b><math>F(x)</math> Proyecto 2</b>	<b><math>F(x)</math> Proyecto 3</b>	<b>Proyecto Asignado</b>	<b>Proyecto Final (Equilibrado)</b>
E001	0,46	0,37	0,56	Proyecto 3	Proyecto 3
E002	0,61	0,62	0,80	Proyecto 3	Proyecto 3
E003	0,53	0,53	0,64	Proyecto 3	Proyecto 3
E004	0,60	0,59	0,73	Proyecto 3	Proyecto 3
E005	0,41	0,43	0,63	Proyecto 3	Proyecto 3
E006	0,50	0,48	0,57	Proyecto 3	Proyecto 3
E007	0,41	0,40	0,53	Proyecto 3	Proyecto 3
E008	0,46	0,46	0,52	Proyecto 3	Proyecto 3
E009	0,55	0,47	0,69	Proyecto 3	Proyecto 1
E010	0,38	0,48	0,37	Proyecto 2	Proyecto 2
E011	0,47	0,44	0,62	Proyecto 3	Proyecto 1
E012	0,61	0,58	0,60	Proyecto 1	Proyecto 1
E013	0,44	0,43	0,60	Proyecto 3	Proyecto 1
E014	0,56	0,53	0,71	Proyecto 3	Proyecto 1
E015	0,48	0,45	0,68	Proyecto 3	Proyecto 1
E016	0,57	0,53	0,79	Proyecto 3	Proyecto 1
E017	0,58	0,53	0,75	Proyecto 3	Proyecto 1
E018	0,55	0,54	0,75	Proyecto 3	Proyecto 2
E019	0,60	0,56	0,78	Proyecto 3	Proyecto 2
E020	0,48	0,44	0,59	Proyecto 3	Proyecto 2
E021	0,63	0,59	0,62	Proyecto 1	Proyecto 2
E022	0,65	0,62	0,25	Proyecto 1	Proyecto 2

Fuente: Elaboración propia, (2025).

En este contexto de estilos de aprendizaje, los pesos se modificaron  $\alpha_1 = 0.2$ ,  $\alpha_2 = 0.3$  y  $\alpha_3 = 0.5$ , priorizando la AE sobre los demás criterios, este enfoque busca maximizar la compatibilidad entre el estilo predominante de cada estudiante y la metodología pedagógica requerida por cada proyecto, de acuerdo a los resultados obtenidos, este cambio provocó una redistribución significativa de los estudiantes hacia proyectos que mejor se

alinean con sus estilos predominantes, destacando cómo la priorización de la adecuación al estilo de aprendizaje puede influir en la asignación final.

### **Asignaciones Finales:**

- Proyecto 1: E009, E011, E012, E013, E014, E015, E016, E017
- Proyecto 2: E010, E018, E019, E020, E021, E022
- Proyecto 3: E001, E002, E003, E004, E005, E006, E007, E008

Esta distribución refleja una inclinación marcada hacia el Proyecto 3, caracterizado por requerir una participación más práctica y kinestésica, lo cual se evidencia en la asignación de estudiantes como E002, E003, E004 y E005, cuyos estilos de aprendizaje se orientan hacia habilidades prácticas o visuales, siendo ubicados en este proyecto por su alta compatibilidad con las actividades propuestas, lo que subraya que la integración de los estilos de aprendizaje en la asignación de proyectos, no solo optimiza las competencias inherentes de cada estudiante, sino que también estimula una participación activa y fundamentada en el diseño del ABP.

Sin embargo, esta priorización también generó ciertos desafíos. Por ejemplo:

- E018, aunque su estilo kinestésico lo hace compatible con el Proyecto 3, fue reasignado al Proyecto 2 después del equilibrio final.
- E009, E011, E013, E014, E015, E016 y E017, inicialmente asignados al Proyecto 3, fueron redistribuidos al Proyecto 1, lo que refleja ajustes por compatibilidad y balance grupal.
- E021 y E022, asignados inicialmente al Proyecto 1, fueron finalmente ubicados en el Proyecto 2.

La perspectiva de estilos destaca la relevancia de considerar los estilos de aprendizaje en la asignación de actividad ABP. Al priorizar este criterio, se logra una mejor adaptación

de los estudiantes a las dinámicas grupales y actividades propuestas, alimentando potencialmente la motivación intrínseca y el involucramiento a lo largo del ciclo del proyecto. No obstante, el enfoque no está exento de restricciones:

1. **Desequilibrio Grupal:** La concentración excesiva de estudiantes en el Proyecto 3 podría generar grupos sobrecargados, afectando negativamente la calidad del trabajo colaborativo.
2. **Desfavorecimiento de Otros Criterios:** Al priorizar la AE, otros factores como la CA y la AI pueden quedar relegados, lo que podría comprometer el rendimiento general del grupo.

Por ejemplo, E012, mostraba un alta CA y alineación temática con el Proyecto 1, mantuvo su asignación inicial, esto sugiere que, aunque la AE es crucial, no debe ignorarse la contribución de otros criterios para garantizar un equilibrio integral.

### **Identificación de Parámetros Sensibles y Asignaciones Robustas**

El análisis de sensibilidad permitió identificar tanto los parámetros más sensibles como las asignaciones más robustas, en términos de parámetros, la CA ( $\alpha_1$ ) y la AI ( $\alpha_2$ ) demostraron ser los más sensibles, ya que pequeños cambios en estos pesos generaron asignaciones significativamente diferentes. Por ejemplo, E003 y E011 mostraron una alta sensibilidad a los cambios en  $\alpha_1$  y  $\alpha_2$ , siendo reasignados a diferentes proyectos en función de las prioridades establecidas.

Por otro lado, algunas asignaciones resultaron particularmente robustas, independientemente de los cambios en los pesos. Por ejemplo, E001, E005, E007, E010 y E012 mantuvieron su asignación al Proyecto 1 en todos los escenarios, lo que indica una alta compatibilidad global con este proyecto, esto subraya la importancia de identificar

estudiantes con asignaciones robustas, ya que estas pueden servir como puntos de referencia para optimizar futuras asignaciones.

### **Mejor Escenario Global**

El escenario base  $\alpha_1 = 0.313, \alpha_2 = 0.313$  y  $\alpha_3 = 0.288$  emergió como el mejor escenario global, ya que:

1. Equilibra adecuadamente los tres criterios, garantizando una asignación justa y personalizada.
2. Respeta las restricciones de tamaño grupal, evitando desequilibrios significativos.
3. Maximiza tanto la compatibilidad individual como la diversidad grupal.

Los escenarios alternativos, si bien sirven para analizar distintas jerarquías de objetivos, evidencian que variaciones drásticas en los pesos pueden producir asignaciones que, aunque técnicamente válidas, resultan subóptimas y, a la postre, minan tanto el compromiso como el rendimiento académico de los alumnos.

### **Conclusión y Recomendaciones Prácticas**

El AS realizado proporciona una visión clara de cómo los cambios en los pesos institucionales afectan las asignaciones de actividad ABP, los principales hallazgos son:

1. **Parámetros Sensibles:** La CA ( $\alpha_1$ ) y la AI ( $\alpha_2$ ) son los más sensibles, mientras que la AE ( $\alpha_3$ ) es menos sensible, pero sigue siendo relevante.
2. **Asignaciones Robustas:** Algunos estudiantes, como E001, E005, E007, E010 y E012, mantienen asignaciones consistentes en todos los escenarios, lo que indica una alta compatibilidad global con sus proyectos asignados.
3. **Mejor Escenario Global:** El escenario Base emerge como el más equilibrado, maximizando tanto la compatibilidad individual como la diversidad grupal.

**Para futuras implementaciones, se recomienda:**

- Monitorear periódicamente la efectividad del modelo mediante encuestas post-proyecto.
- Capacitar a los docentes sobre cómo interpretar y ajustar los pesos según las necesidades específicas de cada grupo.
- Implementar un sistema de retroalimentación continua para mejorar la asignación de proyectos en ciclos posteriores.

Este análisis no solo refuerza la robustez del modelo, sino que también facilita la toma de decisiones estratégicas para optimizar la asignación de actividades ABP en la Unidad Educativa Mario Oña Perdomo.

El presente análisis no únicamente consolida la solidez del modelo propuesto, sino que también proporciona un marco de referencia que permite deliberar de manera informada acerca de las directrices estratégicas necesarias para optimizar la asignación de actividades ABP en la UEMOP

**Conclusión sobre la Validación**

El AS confirmó la solidez y confiabilidad del modelo al demostrar que las asignaciones generadas se mantienen coherentes con las prioridades institucionales y respetan todas las restricciones establecidas, identificando como parámetros más sensibles la  $\alpha_1$  (CA) y  $\alpha_2$  (AI), lo que permitió ajustar el sistema para reducir variaciones significativas en los resultados y garantizar que el proceso de asignación optimizada de actividades ABP sea no solo técnicamente preciso, sino también pedagógicamente pertinente al promover una experiencia educativa personalizada, equitativa y motivadora para el estudiantado.

#### 4.5 Implementación del Modelo Matemático de Optimización en el Grupo Experimental

Una vez validado preliminarmente el modelo matemático mediante el piloto ejecutado en el paralelo "A" de 2do de BGU-UEMOP, en el que se emplearon datos obtenidos mediante encuestas a alumnos y profesores, y corroborada su consistencia a través de un exhaustivo análisis de sensibilidad, se dio el paso a su aplicación en un entorno ampliado. Este avance constituye una fase decisiva para examinar su impacto efectivo y para confrontar los resultados que genera con los enfoques convencionales de distribución de actividades de ABP.

El proceso comienza con la integración de los datos previamente recolectados a través de instrumentos diseñados específicamente para captar las características individuales de los estudiantes y sus preferencias respecto a los proyectos priorizados, lo que proporciona al modelo una base sólida y representativa del entorno educativo, permitiéndole generar asignaciones personalizadas y equitativas.

Como se explicó en la sección correspondiente a la **Función Objetivo del Modelo**, el núcleo del sistema se centra en maximizar la compatibilidad entre los perfiles de los estudiantes y las características de cada proyecto, mediante un proceso de optimización que pondera dimensiones clave ajustadas a las prioridades pedagógicas definidas por el equipo docente a través de un enfoque participativo, y cuya validez fue confirmada por el análisis de sensibilidad, el cual respaldó la elección de los pesos institucionales  $\alpha_1 = 0.313$ ,  $\alpha_2 = 0.313$  y  $\alpha_3 = 0.288$  como una combinación equilibrada entre competencias académicas, intereses temáticos y estilos de aprendizaje, garantizando así asignaciones tanto precisas como pertinentes desde el punto de vista pedagógico.

#### 4.5.1 Restricciones del Modelo para la aplicación del Grupo Experimental

Para asegurar la viabilidad práctica del sistema, el modelo incorpora restricciones institucionales esenciales que ya fueron validadas durante el piloto:

1. **Asignación única por estudiante:** Cada estudiante debe ser asignado exactamente a un proyecto, asegurando una participación clara y definida en el proceso educativo.

$$\sum x_{ij} = 1 \forall i$$

2. **Tamaño grupal:** Cada proyecto debe contar con un número de estudiantes dentro de un rango mínimo y máximo, lo que favorece una dinámica colaborativa equilibrada.

$$\min_j \leq \sum x_{ij} \leq \max_j \forall j$$

3. **Exclusión de estudiantes con bajo rendimiento:** Los estudiantes con calificaciones insuficientes en materias críticas no serán asignados a proyectos que requieran dichas competencias, reduciendo el riesgo de desmotivación o bajo desempeño.

$$x_{ij} = 0 \text{ si } \text{rendimiento\_materia\_crítica}_{ij} < \text{umbral\_mínimo}$$

Tales limitaciones garantizan que las distribuciones alcanzadas sean, por un lado, óptimas en términos técnicos y, por otro, factibles y alineadas con las particularidades del contexto educativo vigente.

#### Proceso de Implementación

La implementación del modelo se desarrolla íntegramente en Microsoft Excel, una herramienta ampliamente accesible que, además de su facilidad de uso, ofrece una capacidad notable para realizar operaciones complejas y resolver problemas de asignación con elevada exactitud y eficacia, lo cual resulta especialmente valioso en entornos educativos donde se gestionan grandes volúmenes de datos estructurados y se requiere que cada decisión tomada

cumpla rigurosamente con las restricciones institucionales establecidas, y es precisamente esta combinación de funcionalidad, adaptabilidad y familiaridad con el entorno escolar lo que permite que el modelo se ajuste con agilidad a las particularidades de cada escenario, facilitando ajustes dinámicos según las necesidades específicas del contexto sin comprometer la coherencia, la equidad ni la calidad de las asignaciones generadas.

Durante esta fase, los estudiantes de 2do y 3ro de BGU-UEMOP, quienes conforman el grupo experimental, son distribuidos entre los tres proyectos priorizados ( $P_1, P_2, P_3$ ) través del modelo optimizado, lo que garantiza que cada uno sea asignado al proyecto que mejor se ajusta a sus características individuales considerando su rendimiento académico, sus intereses temáticos y su estilo de aprendizaje, mientras que al mismo tiempo se mantiene el equilibrio en la conformación de los grupos respetando los límites mínimos y máximos establecidos por proyecto, lo cual resulta fundamental para asegurar un entorno de trabajo colaborativo, equitativo y pedagógicamente efectivo.

Este enfoque no solo optimiza la distribución de recursos y capacidades, sino que a la vez fortalece la relevancia pedagógica del sistema, maximizando el efecto sobre el aprendizaje y propiciando una experiencia educativa más adaptada a las necesidades de cada alumno y más estimulante desde el punto de vista motivacional.

#### ***4.5.2 Análisis y Asignaciones Finales del Modelo de Optimización en los Grupo Experimental 2do y 3ro BGU-UEMOP***

Siguiendo los pasos detallados en la Sección 4.3.1 sobre la Aplicación Práctico del Modelo, y Proceso de Asignación Paso a Paso, el sistema de asignación optimizada de actividades ABP, el cual distribuyó los proyectos entre los alumnos de los grupos experimentales de 2do y 3ro BGU-UEMOP de una forma equilibrada; y, a continuación se presentan los resultados derivados de esta aplicación, estructurando la exposición en tres

segmentos: asignación inicial, la etapa de reasignación final y el análisis interpretativo de los resultados.

## Resultados de la Asignación

### Grupo Experimental 2do BGU

La Tabla 18 presenta la asignación final generada por el modelo de optimización para el grupo experimental de 2do BGU-UEMOP, en la cual cada estudiante fue ubicado en el proyecto que mejor se ajustaba a sus características individuales, considerando de manera integrada tres criterios fundamentales: CA, AI y AE; y, como parte del proceso de personalización, también se definieron roles específicos dentro de cada grupo con el objetivo de potenciar las fortalezas individuales de los estudiantes y fomentar una dinámica de trabajo colaborativa, equilibrada y pedagógicamente efectiva.

**Tabla 18**

*Asignación Final del Modelo de Optimización en el Grupo Experimental 2do BGU*

Código Estudiante	$F(x)$ Proyecto 1	$F(x)$ Proyecto 2	$F(x)$ Proyecto 3	Proyecto Asignado	Proyecto Final (Equilibrado)	Identificación de Roles
E001	0,57	0,46	0,58	Proyecto 3	Proyecto 3	Líder/Coordinador
E002	0,74	0,75	0,71	Proyecto 2	Proyecto 2	Líder/Coordinador
E003	0,63	0,64	0,60	Proyecto 2	Proyecto 2	Finalizador/Perfeccionista
E004	0,73	0,73	0,68	Proyecto 2	Proyecto 2	Creativo/Innovador
E005	0,48	0,51	0,60	Proyecto 3	Proyecto 3	Finalizador/Perfeccionista
E006	0,61	0,58	0,56	Proyecto 1	Proyecto 1	Finalizador/Perfeccionista
E007	0,49	0,49	0,53	Proyecto 3	Proyecto 3	Líder/Coordinador
E008	0,56	0,56	0,54	Proyecto 1	Proyecto 1	Comunicador/Relaciones
E009	0,67	0,55	0,61	Proyecto 1	Proyecto 1	Creativo/Innovador
E010	0,42	0,56	0,44	Proyecto 2	Proyecto 2	Líder/Coordinador
E011	0,57	0,53	0,59	Proyecto 3	Proyecto 3	Líder/Coordinador
E012	0,74	0,72	0,61	Proyecto 1	Proyecto 1	Organizador/Planificador
E013	0,51	0,50	0,58	Proyecto 3	Proyecto 3	Líder/Coordinador
E014	0,69	0,65	0,65	Proyecto 1	Proyecto 1	Comunicador/Relaciones
E015	0,55	0,52	0,63	Proyecto 3	Proyecto 3	Organizador/Planificador
E016	0,72	0,66	0,74	Proyecto 3	Proyecto 3	Líder/Coordinador
E017	0,70	0,64	0,68	Proyecto 1	Proyecto 1	Finalizador/Perfeccionista

E018	0,67	0,66	0,70	Proyecto 3	Proyecto 3	Creativo/Innovador
E019	0,72	0,68	0,68	Proyecto 1	Proyecto 1	Líder/Coordinador
E020	0,58	0,53	0,57	Proyecto 1	Proyecto 1	Creativo/Innovador
E021	0,75	0,72	0,58	Proyecto 1	Proyecto 1	Comunicador/Relaciones
E022	0,78	0,76	0,34	Proyecto 1	Proyecto 1	Analítico/Investigador
E023	0,77	0,73	0,73	Proyecto 1	Proyecto 1	Líder/Coordinador
E033	0,60	0,62	0,54	Proyecto 2	Proyecto 2	Analítico/Investigador
E036	0,66	0,64	0,54	Proyecto 1	Proyecto 1	Líder/Coordinador
E037	0,77	0,68	0,69	Proyecto 1	Proyecto 1	Finalizador/Perfeccionista
E038	0,59	0,62	0,68	Proyecto 3	Proyecto 3	Creativo/Innovador
E040	0,76	0,75	0,74	Proyecto 1	Proyecto 1	Creativo/Innovador
E041	0,68	0,67	0,66	Proyecto 1	Proyecto 1	Organizador/Planificador
E045	0,73	0,70	0,67	Proyecto 1	Proyecto 1	Líder/Coordinador
E046	0,68	0,72	0,70	Proyecto 2	Proyecto 2	Creativo/Innovador
E047	0,72	0,72	0,73	Proyecto 3	Proyecto 3	Líder/Coordinador
E048	0,73	0,73	0,75	Proyecto 3	Proyecto 3	Líder/Coordinador
E049	0,59	0,59	0,59	Proyecto 3	Proyecto 3	Líder/Coordinador
E050	0,71	0,71	0,70	Proyecto 1	Proyecto 1	Líder/Coordinador
E051	0,69	0,66	0,73	Proyecto 3	Proyecto 3	Comunicador/Relaciones
E052	0,78	0,74	0,73	Proyecto 1	Proyecto 1	Líder/Coordinador
E053	0,70	0,73	0,67	Proyecto 2	Proyecto 2	Organizador/Planificador
E054	0,69	0,68	0,67	Proyecto 1	Proyecto 1	Líder/Coordinador
E055	0,69	0,64	0,64	Proyecto 1	Proyecto 1	Organizador/Planificador
E056	0,69	0,62	0,64	Proyecto 1	Proyecto 1	Organizador/Planificador
E057	0,41	0,48	0,49	Proyecto 3	Proyecto 3	Líder/Coordinador
E059	0,61	0,67	0,66	Proyecto 2	Proyecto 2	Líder/Coordinador
E062	0,70	0,66	0,73	Proyecto 3	Proyecto 3	Organizador/Planificador
E064	0,72	0,71	0,72	Proyecto 1	Proyecto 1	Líder/Coordinador
E066	0,50	0,47	0,66	Proyecto 3	Proyecto 3	Creativo/Innovador
E077	0,58	0,59	0,59	Proyecto 2	Proyecto 2	Organizador/Planificador
E079	0,55	0,70	0,53	Proyecto 2	Proyecto 2	Analítico/Investigador
E081	0,72	0,63	0,65	Proyecto 1	Proyecto 1	Líder/Coordinador
E083	0,65	0,59	0,67	Proyecto 3	Proyecto 3	Comunicador/Relaciones
E099	0,61	0,72	0,58	Proyecto 2	Proyecto 2	Analítico/Investigador
E100	0,64	0,67	0,71	Proyecto 3	Proyecto 3	Comunicador/Relaciones
E101	0,64	0,67	0,66	Proyecto 2	Proyecto 2	Líder/Coordinador
E103	0,63	0,62	0,61	Proyecto 1	Proyecto 1	Creativo/Innovador
E104	0,63	0,74	0,62	Proyecto 2	Proyecto 2	Creativo/Innovador
E108	0,66	0,56	0,64	Proyecto 1	Proyecto 1	Líder/Coordinador
E109	0,69	0,68	0,53	Proyecto 1	Proyecto 2	Implementador/Práctico
E110	0,70	0,61	0,59	Proyecto 1	Proyecto 2	Líder/Coordinador
E111	0,53	0,53	0,68	Proyecto 3	Proyecto 3	Organizador/Planificador
E112	0,66	0,50	0,61	Proyecto 1	Proyecto 3	Organizador/Planificador
E114	0,62	0,67	0,72	Proyecto 3	Proyecto 3	Organizador/Planificador
E116	0,73	0,74	0,56	Proyecto 2	Proyecto 2	Líder/Coordinador
E126	0,64	0,59	0,60	Proyecto 1	Proyecto 3	Implementador/Práctico
E127	0,64	0,63	0,69	Proyecto 3	Proyecto 3	Implementador/Práctico
E128	0,71	0,58	0,63	Proyecto 1	Proyecto 3	Líder/Coordinador
E129	0,73	0,73	0,69	Proyecto 2	Proyecto 2	Creativo/Innovador
E130	0,68	0,60	0,69	Proyecto 3	Proyecto 3	Líder/Coordinador

E131	0,63	0,49	0,68	Proyecto 3	Proyecto 2	Organizador/Planificador
E133	0,65	0,59	0,56	Proyecto 1	Proyecto 2	Comunicador/Relaciones
E136	0,67	0,72	0,71	Proyecto 2	Proyecto 2	Finalizador/Perfeccionista
E138	0,55	0,53	0,59	Proyecto 3	Proyecto 2	Creativo/Innovador
E140	0,68	0,65	0,74	Proyecto 3	Proyecto 2	Líder/Coordinador
E143	0,72	0,72	0,57	Proyecto 1	Proyecto 2	Finalizador/Perfeccionista
E144	0,65	0,62	0,68	Proyecto 3	Proyecto 2	Líder/Coordinador
E145	0,61	0,62	0,68	Proyecto 3	Proyecto 2	Analítico/Investigador

Fuente: Elaboración propia, (2025).

### Proceso de Asignación Inicial y Reasignación Final

#### Cálculo de $F(x)$ :

Para cada estudiante, se calculó el valor de  $F(x)$  correspondiente a los tres proyectos disponibles, este puntaje representa el nivel de compatibilidad global del estudiante con cada proyecto, considerando los tres criterios definidos CA, AI y AE. Por ejemplo, el estudiante E001 obtuvo valores de  $F(x)$  de 0.57, 0.46 y 0.58 para los proyectos 1, 2 y 3, respectivamente, lo que determinó su asignación inicial al Proyecto 3 por ser el de mayor afinidad.

#### Asignación Inicial:

Con base en el mayor valor de  $F(x)$ , cada estudiante fue asignado inicialmente al proyecto que mejor se alineaba con su perfil individual, sin embargo, esta primera distribución generó desequilibrios en el tamaño de los grupos, ya que algunos proyectos superaron el límite máximo permitido, lo que evidenció la necesidad de un ajuste para garantizar la equidad en la conformación de los equipos:

- Proyecto 1: 32 estudiantes
- Proyecto 2: 16 estudiantes
- Proyecto 3: 25 estudiantes

### Reasignación para Equilibrar Grupos:

Para corregir estos desequilibrios se aplicó una fórmula desarrollada en Excel, descrita previamente en la sección Modelo de Decisión para Reasignación de Proyectos en Excel, la cual fue validada por su capacidad de adaptarse a cualquier número de estudiantes; el único ajuste realizado consistió en establecer límites fijos de tamaño grupal ( $min_j = 25$ ,  $max_j = 25$ ), lo que permitió redistribuir automáticamente a los estudiantes que habían sido asignados inicialmente a proyectos sobrecargados, garantizando así que cada grupo contara con exactamente 25 integrantes y que la asignación final respetara tanto los criterios de compatibilidad como las restricciones institucionales.

La fórmula en Excel se estructura de la siguiente manera, utilizando funciones lógicas y estadísticas para seleccionar el proyecto más adecuado para cada estudiante, considerando tanto su nivel de afinidad como el equilibrio en la distribución grupal:

```
=SI(Y(H337=MAX(H337:J337);CONTAR.SI($L$336:L336;"Proyecto 1")<25);"Proyecto 1";
SI(Y(I337=MAX(H337:J337);CONTAR.SI($L$336:L336;"Proyecto 2")<25);"Proyecto 2";
SI(Y(J337=MAX(H337:J337);CONTAR.SI($L$336:L336;"Proyecto 3")<25);"Proyecto 3";
SI(Y(H337=K.ESIMO.MAYOR(H337:J337;2);CONTAR.SI($L$336:L336;"Proyecto 1")<25);"Proyecto 1";
SI(Y(I337=K.ESIMO.MAYOR(H337:J337;2);CONTAR.SI($L$336:L336;"Proyecto 2")<25);"Proyecto 2";
SI(Y(J337=K.ESIMO.MAYOR(H337:J337;2);CONTAR.SI($L$336:L336;"Proyecto 3")<25);"Proyecto 3";
SI(CONTAR.SI($L$336:L336;"Proyecto 1")<=MIN(CONTAR.SI($L$336:L336;"Proyecto 2");CONTAR.SI($L$336:L336;"Proyecto 3"));"Proyecto 1";
SI(CONTAR.SI($L$336:L336;"Proyecto 2")<=MIN(CONTAR.SI($L$336:L336;"Proyecto 1");CONTAR.SI($L$336:L336;"Proyecto 3"));"Proyecto 2";
"Proyecto 3")))))))
```

Esta fórmula evalúa primero el proyecto con mayor compatibilidad (mayor valor de  $F(x)$ ) y verifica si aún hay cupo disponible; si no lo hay, considera el segundo mejor valor, y si tampoco es viable, asigna al proyecto con menor cantidad de estudiantes hasta ese momento, asegurando así una distribución justa, balanceada y adaptativa.

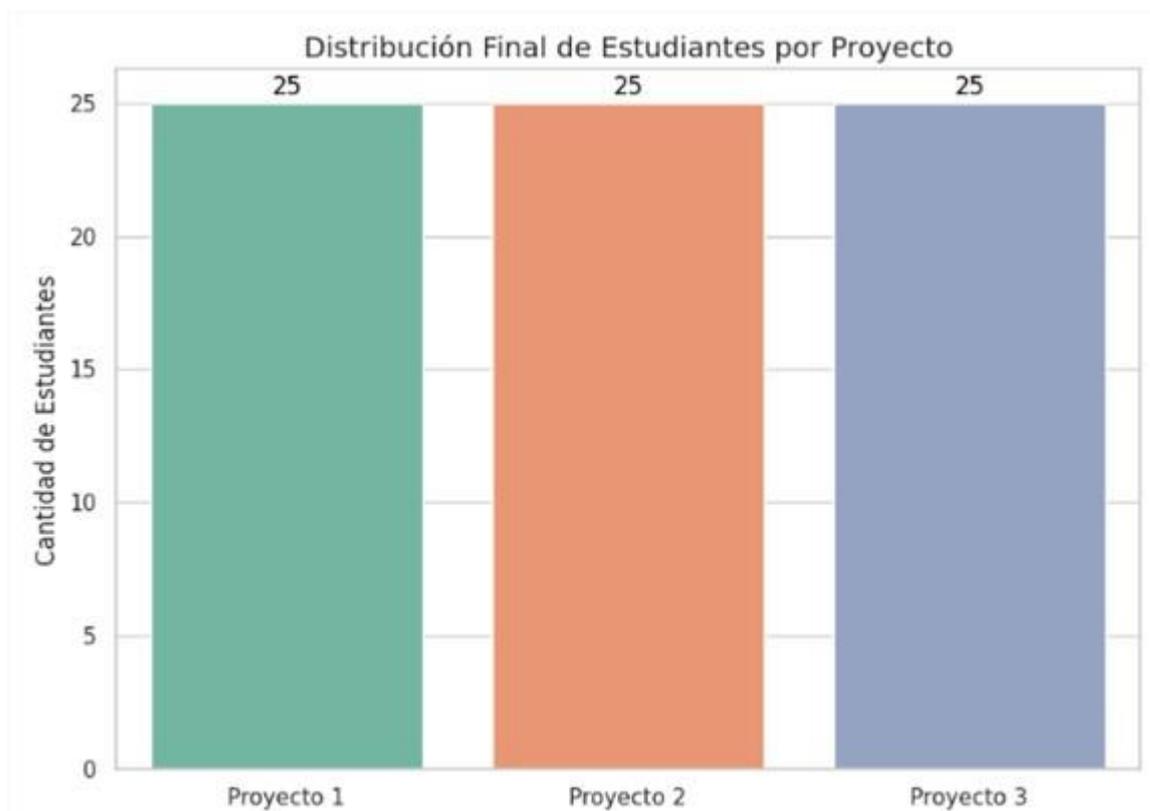
### Asignaciones Finales

Luego de aplicar la fórmula de equilibrio, las asignaciones finales quedaron distribuidas de la siguiente manera:

- Proyecto 1: E006, E008, E009, E012, E014, E017, E019, E020, E021, E022, E023, E036, E037, E040, E041, E045, E050, E052, E054, E055, E056, E064, E081, E103, E108
- Proyecto 2: E002, E003, E004, E010, E033, E046, E053, E059, E077, E079, E099, E101, E104, E109, E110, E116, E129, E131, E133, E136, E138, E140, E143, E144, E145
- Proyecto 3: E001, E005, E007, E011, E013, E015, E016, E018, E038, E047, E048, E049, E051, E057, E062, E066, E083, E100, E111, E112, E114, E126, E127, E128, E130

**Figura 7**

*Distribución Final de Estudiantes por Proyecto*



Fuente: Elaboración propia, (2025).

## **Análisis Crítico de los Resultados**

### **Equilibrio en el Tamaño de los Grupos:**

La aplicación de la fórmula lógica en Excel permitió ajustar la organización inicial de estudiantes garantizando que cada proyecto contara con exactamente 25 integrantes, este resultado no solo cumple con las restricciones establecidas, sino que también promueve una dinámica colaborativa equilibrada dentro de los equipos mantener grupos del mismo tamaño, es fundamental para prevenir la concentración excesiva de recursos en determinados proyectos, además de garantizar que cada estudiante disponga, de manera equitativa, de las mismas oportunidades de participación y aportación..

### **Compatibilidad Global:**

#### **Estudiantes con Asignaciones Robustas**

Algunos estudiantes mantuvieron sus asignaciones iniciales en todos los escenarios, lo que indica una alta compatibilidad global con sus proyectos asignados. Ejemplos notables incluyen:

- E006, E012 y E019: Permanecieron asignados al Proyecto 1 en todos los escenarios, lo que indica que su perfil académico, intereses y estilo de aprendizaje están fuertemente alineados con las características de este proyecto.
- E001: Aunque fue asignado inicialmente al Proyecto 3, su valor de  $F(x)$  más alto (0.58) correspondía precisamente a ese proyecto, lo que justifica su permanencia final.

Estos casos reflejan la solidez del modelo, ya que las asignaciones se mantienen estables incluso ante variaciones en los parámetros de decisión.

### **Estudiantes con Cambios Drásticos**

En la distribución final equilibrada algunos estudiantes experimentaron cambios significativos respecto a sus ubicaciones iniciales estos ajustes se debieron principalmente a la necesidad de equilibrar el tamaño de los grupos y a la versatilidad de sus perfiles lo que permitía cierta flexibilidad sin comprometer la compatibilidad los casos más destacados son:

- E112, E126 y E128: Reasignados del Proyecto 1 al Proyecto 3. Aunque inicialmente se encontraban en un grupo con alta compatibilidad, sus valores de  $F(x)$  en el Proyecto 3 (0.61, 0.60 y 0.63, respectivamente) son suficientemente altos como para justificar el cambio. Esto sugiere que fueron utilizados estratégicamente para reforzar el Proyecto 3, posiblemente menos demandado en la distribución inicial.
- E131, E138, E140, E144 y E145: Reasignados del Proyecto 3 al Proyecto 2. Este grupo representa un claro ejemplo de redistribución para balancear la carga entre proyectos. A pesar de que sus valores de  $F(x)$  en el Proyecto 2 son ligeramente inferiores a los del Proyecto 3, todos se mantienen en un rango aceptable (entre 0.53 y 0.74), lo que indica que el modelo priorizó el equilibrio sin sacrificar significativamente la compatibilidad.

### **Casos Especiales**

Ciertos alumnos exhiben reasignaciones que, aunque moderadas, justifican un examen pormenorizado debido a su influencia en la configuración de las secciones grupales:

- E109, E110, E133 y E143: Todos fueron reasignados del Proyecto 1 al Proyecto 2. Sus valores de  $F(x)$  en ambos proyectos son bastante similares, lo que sugiere que el modelo aprovechó esta equivalencia de compatibilidad para realizar ajustes finos en la distribución. Este tipo de reasignación es útil para afinar el balance sin afectar el rendimiento esperado.

### **Identificación de Roles:**

Cada estudiante fue asignado a un rol específico dentro de su proyecto final, como Líder/Coordinador, Creativo/Innovador, Finalizador/Perfeccionista, entre otros, esta estrategia busca potenciar las fortalezas individuales y fomentar una colaboración efectiva durante el desarrollo del ABP algunos ejemplos representativos son:

- E001: Líder/Coordinador en el Proyecto 3.
- E012: Organizador/Planificador en el Proyecto 1.
- E022: Analítico/Investigador en el Proyecto 1.

Esta asignación estratégica de roles no solo mejora la cohesión del grupo, sino que, al mismo tiempo, genera un contexto de aprendizaje más profundo y adaptado a las particularidades de cada estudiante.

### **Criterio General del Modelo aplicado al 2do BGU-UEMOP**

Las reasignaciones observadas responden a una lógica de optimización global, donde se busca:

- Equilibrar el número de estudiantes por proyecto.
- Aprovechar perfiles con compatibilidad múltiple.
- Minimizar la pérdida de compatibilidad individual.

En todos los casos analizados, los valores de  $F(x)$  en los proyectos de destino se mantienen dentro de un rango aceptable, lo que valida las decisiones del modelo.

### **Grupo Experimental 3ro BGU**

Continuando con el Análisis y Asignaciones Finales del Modelo de Optimización en el Grupo Experimental 3ro BGU-UEMOP, la Tabla 19 presenta de manera sistemática los resultados derivados del modelo de optimización aplicado a este grupo, a continuación se

desglosa un análisis exhaustivo que aborda los aspectos clave del proceso considerando tanto la compatibilidad individual como el equilibrio grupal en la conformación de los equipos.

**Tabla 19**

*Asignación Final del Modelo de Optimización en el Grupo Experimental 3ro BGU*

Código Estudiante	$F(x)$ Proyecto 1	$F(x)$ Proyecto 2	$F(x)$ Proyecto 3	Proyecto Asignado	Proyecto Final (Equilibrado)	Identificación de Roles
E024	0,75	0,75	0,73	Proyecto 2	Proyecto 2	Líder/Coordinador
E025	0,78	0,74	0,76	Proyecto 1	Proyecto 1	Líder/Coordinador
E026	0,68	0,64	0,73	Proyecto 3	Proyecto 3	Líder/Coordinador
E027	0,69	0,63	0,69	Proyecto 1	Proyecto 1	Finalizador/Perfeccionista
E028	0,72	0,68	0,74	Proyecto 3	Proyecto 3	Finalizador/Perfeccionista
E029	0,69	0,66	0,61	Proyecto 1	Proyecto 1	Líder/Coordinador
E030	0,74	0,70	0,74	Proyecto 3	Proyecto 3	Creativo/Innovador
E031	0,52	0,52	0,50	Proyecto 1	Proyecto 1	Finalizador/Perfeccionista
E032	0,77	0,74	0,70	Proyecto 1	Proyecto 1	Líder/Coordinador
E035	0,64	0,56	0,75	Proyecto 3	Proyecto 3	Creativo/Innovador
E039	0,72	0,70	0,71	Proyecto 1	Proyecto 1	Analítico/Investigador
E042	0,53	0,50	0,59	Proyecto 3	Proyecto 3	Líder/Coordinador
E044	0,56	0,48	0,54	Proyecto 1	Proyecto 1	Líder/Coordinador
E058	0,54	0,48	0,49	Proyecto 1	Proyecto 1	Implementador/Práctico
E060	0,76	0,75	0,73	Proyecto 1	Proyecto 1	Líder/Coordinador
E063	0,76	0,75	0,71	Proyecto 1	Proyecto 2	Líder/Coordinador
E065	0,70	0,71	0,68	Proyecto 2	Proyecto 2	Líder/Coordinador
E093	0,63	0,51	0,72	Proyecto 3	Proyecto 3	Líder/Coordinador
E094	0,63	0,51	0,72	Proyecto 3	Proyecto 3	Líder/Coordinador
E098	0,62	0,52	0,68	Proyecto 3	Proyecto 3	Organizador/Planificador
E102	0,70	0,69	0,54	Proyecto 1	Proyecto 2	Líder/Coordinador
E105	0,65	0,59	0,65	Proyecto 1	Proyecto 3	Organizador/Planificador
E107	0,74	0,73	0,66	Proyecto 1	Proyecto 2	Finalizador/Perfeccionista
E132	0,64	0,61	0,64	Proyecto 3	Proyecto 2	Organizador/Planificador
E134	0,69	0,61	0,64	Proyecto 1	Proyecto 2	Organizador/Planificador
E137	0,74	0,74	0,69	Proyecto 2	Proyecto 2	Analítico/Investigador
E139	0,64	0,60	0,71	Proyecto 3	Proyecto 2	Líder/Coordinador
E142	0,57	0,53	0,68	Proyecto 3	Proyecto 1	Líder/Coordinador
E146	0,60	0,62	0,71	Proyecto 3	Proyecto 2	Analítico/Investigador

Fuente: Elaboración propia, (2025).

## **Proceso de Asignación Inicial y Reasignación Final**

### **Cálculo de $F(x)$ :**

Para determinar la asignación óptima de cada estudiante, se evaluó su compatibilidad global con los tres proyectos disponibles mediante el cálculo de  $F(x)$ , este valor refleja la alineación del estudiante con cada proyecto, considerando criterios clave como CA, AI y AE.

Por ejemplo, el estudiante E024 obtuvo valores de  $F(x)$  de 0.75, 0.75 y 0.73 para los proyectos 1, 2 y 3, respectivamente, lo que resultó en su asignación inicial al Proyecto 2, de manera similar, el estudiante E025, con valores de  $F(x)$  de 0.78, 0.74 y 0.76, fue asignado al Proyecto 1, donde mostró la mayor compatibilidad global este proceso asegura que cada estudiante sea ubicado en el proyecto más adecuado según su perfil maximizando así su potencial de desempeño y motivación.

### **Asignación Inicial:**

Con base en el mayor valor de  $F(x)$  cada estudiante fue ubicado inicialmente en el proyecto que mejor se alineaba con su perfil individual sin embargo esta primera distribución generó desequilibrios en el tamaño de los grupos ya que algunos proyectos superaron el límite máximo permitido lo que evidenció la necesidad de un ajuste para garantizar la equidad en la conformación de los equipos en esta etapa el proyecto 1 concentró 14 estudiantes el proyecto 2 apenas 3 y el proyecto 3 un total de 12 lo que hacía necesario aplicar una redistribución para cumplir con los parámetros establecidos

### **Reasignación para Equilibrar Grupos:**

Se aplica la fórmula lógica condicional en Excel que equilibra los grupos ajustando los valores mínimos y máximos establecidos para cada equipo definidos como mínimo 9 y máximo 10 estudiantes por proyecto esta herramienta permite redistribuir a los estudiantes

de manera equitativa asegurando que cada grupo de trabajo cuente con una cantidad adecuada de integrantes lo que favorece la colaboración y evita la sobrecarga en proyectos con alta demanda como a continuación se detalla:

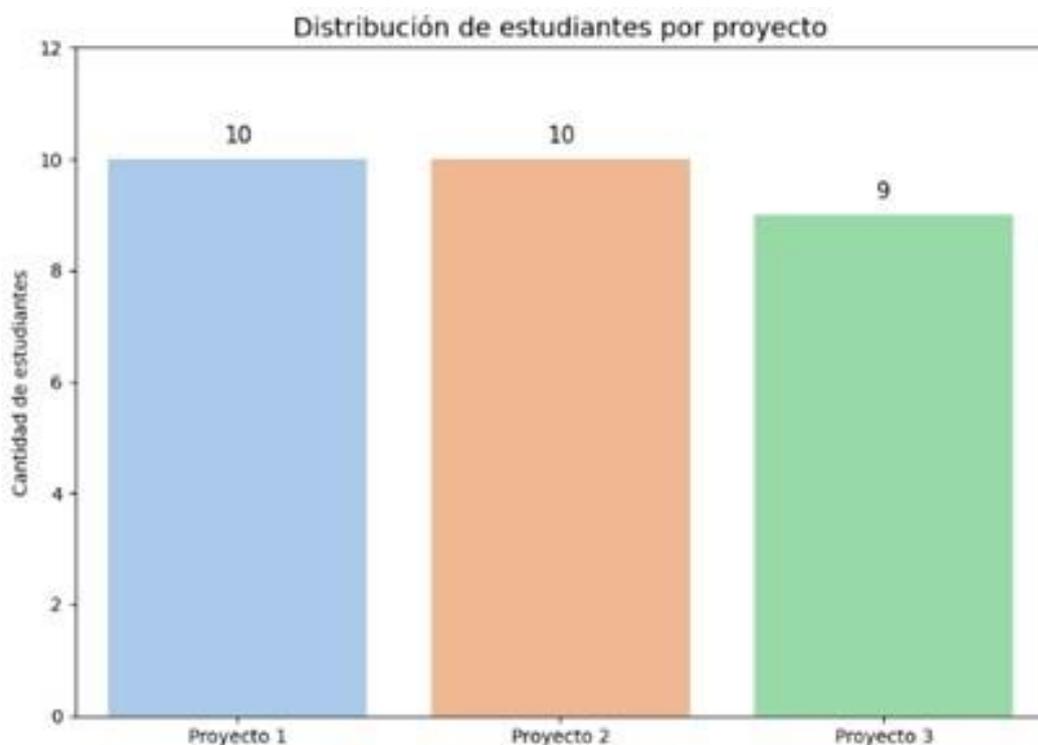
```
=SI(Y(H155=MAX(H155:J155);CONTAR.SI($L154:L$154;"Proyecto 1")<9);"Proyecto 1";
SI(Y(I155=MAX(H155:J155);CONTAR.SI($L154:L$154;"Proyecto 2")<9);"Proyecto 2";
SI(Y(J155=MAX(H155:J155);CONTAR.SI($L154:L$154;"Proyecto 3")<9);"Proyecto 3";
SI(Y(H155=K.ESIMO.MAYOR(H155:J155;2);CONTAR.SI($L154:L$154;"Proyecto 1")<9);"Proyecto 1";
SI(Y(I155=K.ESIMO.MAYOR(H155:J155;2);CONTAR.SI($L154:L$154;"Proyecto 2")<9);"Proyecto 2";
SI(Y(J155=K.ESIMO.MAYOR(H155:J155;2);CONTAR.SI($L154:L$154;"Proyecto 3")<9);"Proyecto 3";
SI(CONTAR.SI($L154:L$154;"Proyecto 1")<=MIN(CONTAR.SI($L154:L$154;"Proyecto 2");CONTAR.SI($L154:L$154;"Proyecto 3"));"Proyecto 1";
SI(CONTAR.SI($L154:L$154;"Proyecto 2")<=MIN(CONTAR.SI($L154:L$154;"Proyecto 1");CONTAR.SI($L154:L$154;"Proyecto 3"));"Proyecto 2";
"Proyecto 3"))))))))
```

### Asignaciones Finales

- Proyecto 1: E025, E027, E029, E031, E032, E039, E044, E058, E060, E142
- Proyecto 2: E024, E063, E065, E102, E107, E132, E134, E137, E139, E146
- Proyecto 3: E026, E028, E030, E035, E042, E093, E094, E098, E105

**Figura 8**

*Distribución de estudiantes por proyecto*



Fuente: Elaboración propia, (2025).

La fórmula lógica implementada en Excel logró ajustar las ubicaciones iniciales redistribuyendo a los estudiantes de manera eficiente para cumplir con las restricciones de tamaño grupal este proceso corrigió desequilibrios como la concentración excesiva de estudiantes en el Proyecto 1 y la subutilización del Proyecto 3 lo que refleja la robustez del sistema para adaptarse a contextos específicos.

### **Análisis Crítico de los Resultados**

#### **Equilibrio en el Tamaño de los Grupos:**

La aplicación de la fórmula lógica en Excel permitió ajustar la distribución inicial de estudiantes, garantizando que cada proyecto tuviera un número equiparado de integrantes. Aunque dos grupos contaron con 10 estudiantes y uno con 9, esta distribución equitativa cumple con las restricciones y promueve una dinámica colaborativa equilibrada dentro de los equipos.

#### **Compatibilidad Global:**

La compatibilidad global ( $F(x)$ ) es un indicador clave para evaluar la alineación entre los perfiles individuales de los estudiantes y los proyectos asignados. Este análisis revela tanto casos de asignaciones robustas como cambios significativos derivados de la reasignación para equilibrar grupos.

#### **Estudiantes con Asignaciones Robustas**

Algunos estudiantes mantuvieron sus asignaciones iniciales, lo que sugiere una alta compatibilidad global con sus proyectos asignados. Ejemplos notables incluyen:

- E025: Quien fue ubicado en el proyecto 1 con un valor de  $F(x)$  de 0.78 destacándose por su excelente rendimiento académico en materias clave y su afinidad temática.
- E024: Permaneció en el proyecto 2 con un valor de  $F(x)$  de 0.75 constante en todos los escenarios lo que valida su perfil como ideal para ese entorno.

- E026: Fue ubicado en el proyecto 3 con un valor de  $F(x)$  de 0.73 donde su rol como líder/coordinador potencia su desempeño dentro del equipo.

Estos casos demuestran que el modelo prioriza la compatibilidad individual cuando no existen conflictos con las restricciones institucionales.

### **Estudiantes con Cambios Drásticos**

Otros estudiantes experimentaron cambios significativos en sus asignaciones finales, lo cual puede atribuirse a la necesidad de equilibrar grupos o a la sensibilidad de  $F(x)$  ante variaciones en los pesos de los criterios, los casos más destacados son:

- E063 que fue reasignado del proyecto 1 al proyecto 2 con valores de  $F(x)$  muy similares lo que indica que su perfil fue considerado versátil para apoyar el equilibrio grupal.
- E102 también fue trasladado del proyecto 1 al proyecto 2 con una diferencia mínima en su compatibilidad lo que sugiere que su reasignación no compromete su desempeño.
- E105 pasó del proyecto 1 al proyecto 3 donde su perfil como organizador planificador se ajusta a las necesidades del nuevo equipo.
- E107 fue reasignado del proyecto 1 al proyecto 2 con valores de  $F(x)$  equilibrados lo que refleja una decisión estratégica del modelo
- E132 fue ubicado finalmente en el proyecto 2 a pesar de su afinidad inicial con el proyecto 3 lo que evidencia su adaptabilidad.
- E134 fue trasladado del proyecto 1 al proyecto 2 con una diferencia leve en  $F(x)$  que no afecta su compatibilidad general.

- E139 y E146 también fueron reasignados al proyecto 2 desde el proyecto 3 ambos con perfiles sólidos que permiten mantener un buen nivel de desempeño en su nuevo entorno.

Estos casos subrayan la importancia de monitorear periódicamente el sistema para garantizar que las reasignaciones no afecten negativamente la motivación o en el rendimiento académico del alumnado.

### **Identificación de Roles:**

Cada estudiante fue asignado a un rol específico dentro de su proyecto final, aprovechando sus fortalezas individuales para fomentar una colaboración efectiva, esta asignación de roles permite maximizar el impacto de las habilidades únicas de cada estudiante, contribuyendo al éxito colectivo del proyecto.

- Líder/Coordinador: Ejemplos destacados incluyen E024 (Proyecto 2), E025 (Proyecto 1) y E026 (Proyecto 3), estos estudiantes demostraron habilidades de liderazgo y gestión que son fundamentales para guiar a sus equipos.
- Finalizador/Perfeccionista: E027 (Proyecto 1) y E028 (Proyecto 3) fueron asignados a este rol debido a su capacidad para asegurar la calidad y completitud de las tareas.
- Creativo/Innovador: E030 (Proyecto 3) y E035 (Proyecto 3) mostraron un perfil creativo que se alinea perfectamente con las actividades propuestas en estos proyectos.
- Analítico/Investigador: E039 (Proyecto 1) y E146 (Proyecto 3) fueron asignados a este rol, destacándose por su capacidad para analizar datos y generar soluciones basadas en evidencia.

Esta distribución de roles dentro de cada proyecto asegura una diversidad de habilidades y perspectivas, promoviendo un ambiente colaborativo y productivo.

## **Impacto en la Motivación y Rendimiento**

La implementación del modelo de asignación optimizada influye de manera decisiva en la motivación y el desempeño académico de los estudiantes, al asignar a cada estudiante a un proyecto que se alinea con sus intereses, habilidades y estilo de aprendizaje, se fomenta una experiencia educativa más personalizada y significativa.

Según Coa-Mamani & Obregón-Ramos (2023), "los modelos basados en optimización matemática permiten resolver problemas complejos del mundo real, especialmente cuando intervienen múltiples criterios y objetivos" (párr. 8), este enfoque no solo optimiza la distribución de recursos y capacidades, sino que también cataliza un proceso de personalización que se articula en función de necesidades y de metas individuales.

Además, Hernández-Sampieri et al. (2022) destacan que "los modelos de intervención pedagógica bien diseñados pueden generar cambios medibles en el desempeño escolar cuando se aplican estrategias personalizadas" (p. 342), este estudio confirma que la asignación optimizada de actividades ABP, funciona como un recurso eficaz para elevar tanto la satisfacción de los estudiantes como su grado de implicación en las tareas académicas.

### **4.6 Asignación Tradicional de Proyectos: Un Enfoque Observacional y Sustentado en la Práctica Docente**

Como parte de la investigación aquí presentada, se asignó a un docente con vasta trayectoria de la UEMOP MSc. Carlos Fernando Obando Chávez (D001) para llevar a cabo la distribución de proyectos de manera tradicional entre los estudiantes del grupo de 1ro BGU, mientras como investigador, asumí el rol de observador, este proceso permitiendo documentar cómo las decisiones pedagógicas convencionales influyen en la asignación de

actividades ABP y cómo estas contrastan con el modelo optimizado propuesto, a continuación, se presenta una explicación detallada y argumentativa de este procedimiento.

#### ***4.6.1 El Papel del Docente en la Asignación Tradicional***

El docente encargado de realizar la asignación tradicional es un profesional con amplia experiencia en metodologías colaborativas y conocimiento profundo del perfil de sus estudiantes, su intervención se basó en criterios subjetivos pero prácticos, como su percepción sobre las habilidades individuales, intereses declarados y dinámica grupal previa lo cual coincide con lo que considera la Nueva Escuela Mexicana (2023), "la asignación manual de roles y proyectos permite al docente aprovechar su experiencia pedagógica para formar equipos equilibrados y motivadores" (párr. 6).

El docente inició el proceso realizando una clasificación preliminar de los estudiantes según sus características principales, lo cual incluyó identificar líderes naturales, estudiantes creativos, analíticos y colaboradores, esta categorización no solo facilitó la formación de equipos heterogéneos, sino que también aseguró que cada grupo contara con una mezcla balanceada de fortalezas y debilidades. Por ejemplo, estudiantes con habilidades de liderazgo, como E070 y E095, fueron colocados estratégicamente en diferentes proyectos para evitar concentraciones desproporcionadas de liderazgo en un solo equipo.

Además, el docente consideró restricciones institucionales clave, como el número mínimo y máximo de integrantes por proyecto, alineándose con las recomendaciones de Hernández-Sampieri et al. (2022), quienes destacan que "los modelos de intervención educativa deben respetar las limitaciones contextuales para garantizar su viabilidad práctica" (p. 347).

#### **4.6.2 *Proceso de Asignación: Una Perspectiva Observacional***

Como investigador, el rol fue observar y documentar cómo el docente realizaba la asignación de manera tradicional, durante este proceso, el docente empleó una combinación de criterios intuitivos y estructurados:

##### **1. Conocimiento Previo del Docente**

El docente utilizó su experiencia para evaluar el rendimiento académico, las preferencias individuales y los estilos cognitivos de los alumnos. Por ilustrar, los alumnos con un perfil creativo, como E067 y E080, fueron asignados a proyectos que requerían innovación, como el desarrollo de aplicaciones tecnológicas. De manera similar, estudiantes con habilidades analíticas, como E074 y E084, fueron colocados en proyectos que implicaban análisis crítico, como el análisis de calidad del agua.

Este enfoque subraya la importancia del conocimiento contextualizado del docente, tal como lo señalan Tamayo & Tamayo (2020): que los escenarios de enseñanza modulados por el acervo profesional del docente resultan especialmente propicios para calibrar las actividades a los requerimientos singulares del alumnado (p. 93).

##### **2. Encuesta de Intereses**

El docente aplicó una encuesta breve para recopilar información sobre los intereses de los estudiantes. Las respuestas permitieron identificar preferencias temáticas, como ambiente, tecnología o cultura. Por ejemplo, E086 y E092, quienes mostraron un interés marcado por temas culturales, fueron asignados al proyecto de campaña de concientización sobre patrimonio cultural, sin embargo, estas preferencias no siempre se priorizaron, ya que el objetivo principal era cumplir con las restricciones institucionales.

### 3. Formación de Equipos Heterogéneos

El docente buscó formar equipos heterogéneos, combinando estudiantes con diferentes fortalezas y debilidades:

**Proyecto 1:** Líder: E070, Creativo: E067, Analítico: E074, Colaborador: E034.

**Proyecto 2:** Líder: E095, Creativo: E080, Analítico: E084, Colaborador: E068.

**Proyecto 3:** Líder: E113, Creativo: E121, Analítico: E117, Colaborador: E086.

Tal perspectiva pone de relieve el valor determinante de la heterogeneidad en los equipos colaborativos, como lo destacan Bruna Jofré et al. (2022), quienes concluyen que la interacción de miembros procedentes de distintas disciplinas no solo estimula la creatividad, sino que también optimiza el abordaje de problemas complejos y potencia las competencias críticas asociadas al proceso innovador (p. 479).

#### **Resultados de la Asignación Tradicional**

Tras completar el proceso, los estudiantes quedaron distribuidos de la siguiente manera:

Proyecto 1: Análisis de Calidad del Agua en el Río Local

E034, E043, E061, E067, E069, E070, E071, E072, E073, E074, E075, E076, E090, E119.

Proyecto 2: Desarrollo de App para Reducir Desperdicio Alimentario

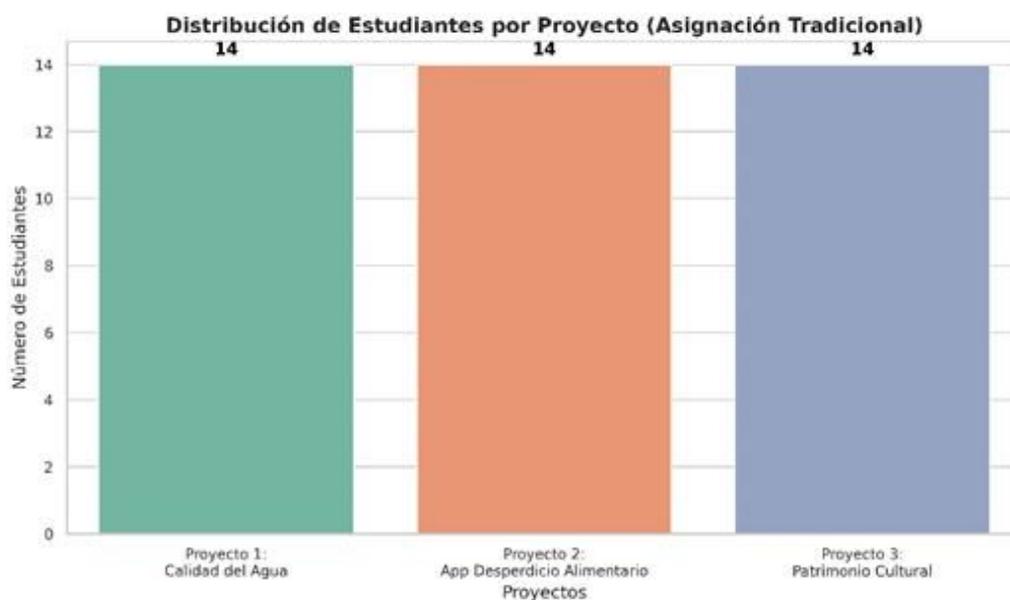
E068, E078, E080, E082, E084, E085, E087, E088, E089, E095, E096, E097, E106, E115.

Proyecto 3: Campaña de Concientización sobre Patrimonio Cultural

E086, E091, E092, E113, E117, E118, E120, E121, E122, E123, E124, E125, E135, E141.

**Figura 9**

*Distribución de Estudiantes por Proyectos (Asignación Tradicional)*



Fuente: Elaboración propia, (2025).

### **Reflexión Crítica desde la Perspectiva del Investigador**

Desde mi posición de observador, pude identificar tanto las fortalezas como las limitaciones del enfoque tradicional, ya que, si bien la asignación manual permitió al docente aprovechar su conocimiento contextualizado para formar equipos equilibrados, este método carece de precisión matemática y puede estar influenciado por sesgos subjetivos, como la percepción personal del docente sobre los estudiantes.

Además, noté que algunos estudiantes, como E086, fueron asignados a proyectos que no coincidían completamente con sus intereses personales debido a las restricciones institucionales, lo que plantea la necesidad de explorar alternativas más sistemáticas, como el modelo optimizado propuesto, capaz de equilibrar tanto las necesidades grupales como las preferencias individuales.

El proceso de asignación tradicional, llevado a cabo por el docente, proporcionó una base valiosa para comparar con el modelo optimizado, ya que si bien este enfoque ofrece flexibilidad y adaptabilidad, también resalta la importancia de integrar herramientas matemáticas y tecnológicas que permitan mejorar la precisión y la equidad en la asignación de proyectos, tal como señalan Coa-Mamani & Obregón-Ramos (2023), quienes afirman que "los modelos basados en optimización matemática pueden complementar el conocimiento pedagógico del docente, maximizando el potencial de aprendizaje de los estudiantes" (párr. 8).

Este ejercicio no solo validó la relevancia del modelo optimizado, sino que también subrayó la necesidad de combinar la experiencia docente con herramientas innovadoras para transformar la educación en una experiencia más inclusiva y personalizada.

#### **4.7 Evaluación Comparativa de la Satisfacción, Compromiso Académico y Experiencia de Aprendizaje en Grupos de Control y Experimental bajo Sistemas de Asignación Tradicional y Optimizada de Actividades ABP**

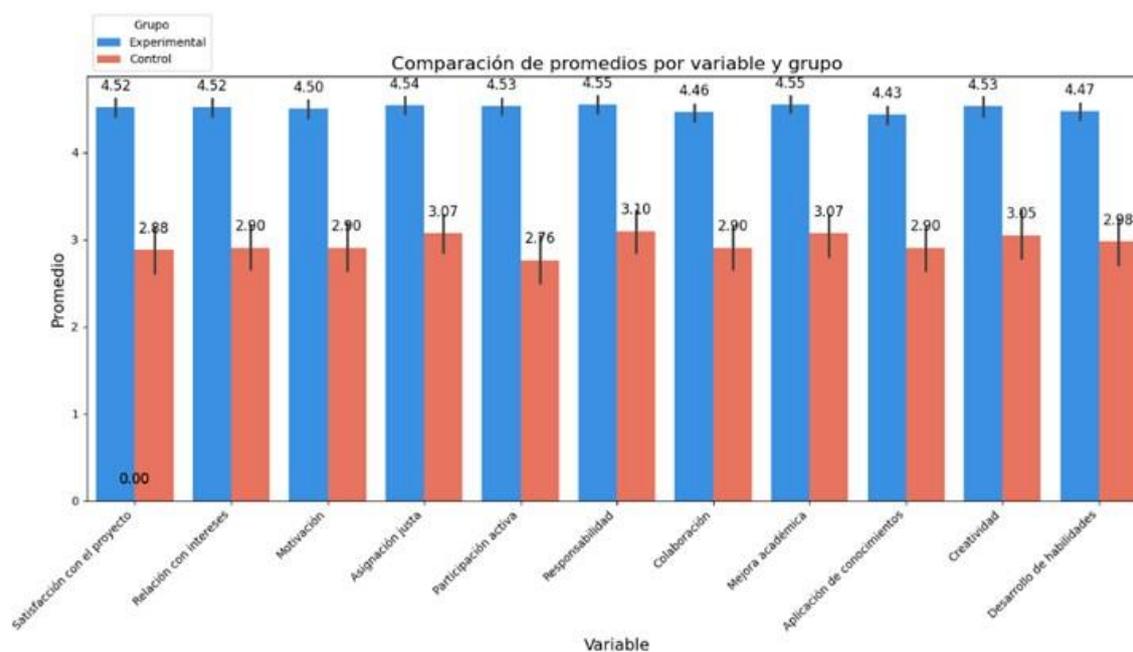
Dentro del marco de esta investigación se procedió a contrastar los dos sistemas de asignación de actividades ABP, uno de carácter tradicional y otro optimizado a través de un modelo matemático que integra variables como los intereses temáticos de los estudiantes, sus estilos de aprendizaje y los roles colaborativos que desempeñan dentro del grupo. Con el fin de cuantificar y valorar el impacto de cada sistema, se administraron encuestas a estudiantes de primero, segundo y tercer nivel del BGU-UEMOP, quienes fueron distribuidos en un grupo experimental y otro de control, estas encuestas permitieron explorar tres dimensiones clave: la satisfacción con el proceso educativo, el nivel de compromiso académico y sobre la calidad de la experiencia vivida en el marco de la actividad formativa.

La recolección de datos incluyó el uso de instrumentos validados con escalas tipo Likert, además de observaciones directas durante el desarrollo de los proyectos y entrevistas semiestructuradas que complementaron la información cuantitativa con perspectivas más profundas y contextuales, los resultados fueron analizados mediante técnicas estadísticas tanto descriptivas como inferenciales, lo que permitió identificar patrones relevantes, tendencias emergentes y diferencias significativas entre ambos grupos, a partir de estos hallazgos se presenta un análisis argumentativo que destaca cómo el sistema optimizado no solo potencia la motivación y el logro académico, sino que, en adición, propicia un cambio positivo en la percepción que los educandos sostienen acerca de las actividades de ABP, coadyuvando así al fortalecimiento de su implicación y la elevación de la satisfacción con el proceso de formación.

### **Análisis Comparativo entre Grupos Experimental y Control**

**Figura 10**

*Comparación de promedios por variables y grupo*



Fuente: Elaboración propia, (2025).

**Satisfacción General y Relación con Intereses:** El grupo experimental presentó niveles más altos de satisfacción y conexión con los proyectos asignados, ya que la puntuación en satisfacción fue de 4.52 sobre 5 frente a 2.88 del grupo de control, mientras que la relación con los intereses personales alcanzó 4.52 frente a 2.9, lo cual se atribuye a un modelo optimizado que considera los intereses y perfiles individuales del estudiantado, dado que, según lo expuesto por Pérez Salgado et al. (2022), el aprendizaje cooperativo se asocia a un refuerzo del apoyo emocional y al cultivo de habilidades y valores, fenómenos que, a su vez, elevan el compromiso con el proceso educativo (p. 9).

**Motivación y Asignación justa:** En términos de motivación, el grupo experimental alcanzó una calificación de 4.54 sobre 5 frente a 2.9 del grupo de control, mientras que la percepción de equidad en la asignación de proyectos fue de 4.54 frente a 3.07, lo que evidencia que el sistema optimizado favorece la equidad y la transparencia, ya que, como sostiene López (2026), la implementación de prácticas de aprendizaje cooperativo en el aula es un mecanismo eficaz para gestionar la diversidad, promoviendo de este modo la inclusión y garantizando que cada estudiante participe de manera equitativa (párr. 6).

**Responsabilidad:** En cuanto a la responsabilidad, se registró una puntuación media de 4.55 sobre 5 en el grupo experimental, en contraposición a 3.10 con el grupo de control, lo que refleja un impacto positivo del sistema optimizado en el compromiso individual dentro del trabajo grupal, ya que al asignar proyectos considerando afinidades y perfiles se genera un sentido de pertenencia que motiva a asumir las tareas con mayor seriedad, y como afirman Pérez Salgado et al. (2022), el aprendizaje cooperativo favorece la distribución equitativa de la responsabilidad y la interiorización de valores personales, dinamizando a su vez la autorregulación y el compromiso académico (p. 8).

Participación Activa y Colaboración: Respecto a la participación activa, el grupo experimental logró una media de 4,53 sobre 5, en comparación con el 2,76 alcanzado por el grupo de control; simultáneamente, la variable colaboración reportó 4,46 en la misma condición experimental y 2,90 en la de control, lo cual se explica por la alineación de perfiles que permite una distribución equilibrada de roles, y como señalan Pérez Salgado et al. (2022), esta modalidad pedagógica promueve la interdependencia positiva, la responsabilidad compartida y una comunicación constante, confiriendo, en consecuencia, a las interacciones grupales la capacidad de fortalecer la cohesión y el trabajo colaborativo en actividades orientadas a tareas (p. 8).

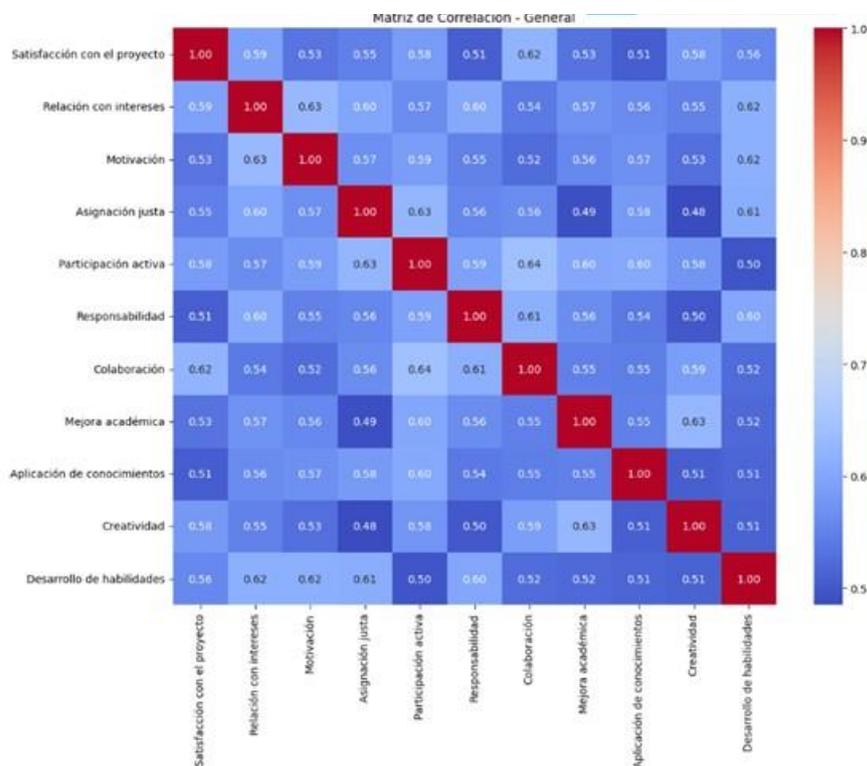
Mejora Académica y Aplicación de Conocimientos: La mejora académica se expresó como una puntuación media de 4,55 sobre 5 en el grupo experimental y de 3,07 en el grupo de control, mientras que la aplicación de conocimientos tuvo un resultado de 4,43 en el experimental y de 2,90 en el control., lo que coincide con lo planteado por Segarra Merchán et al. (2023), quienes sostienen que el aprendizaje significativo permite aplicar habilidades cognitivas y socioemocionales en contextos reales, fortaleciendo la comprensión crítica y la transferencia del conocimiento (p. 225).

Creatividad y Desarrollo de Habilidades: La media del grupo experimental en la dimensión de creatividad fue de 4,53 sobre 5, complementándose con una dimensión de desarrollo de habilidades que alcanzó 4,47 en la misma escala; los resultados del grupo de control se fijan en 3,05 y 2,98, respectivamente, lo cual se relaciona con lo indicado por Vásquez Montoya et al. (2025), quienes concluyen que la creatividad y la innovación están estrechamente vinculadas al desarrollo de competencias cognitivas y emocionales, especialmente cuando se promueven entornos colaborativos que las estimulan (párr. 4).

En resumen, se evidencia que el modelo optimizado de aprendizaje genera mejoras significativas en la experiencia educativa, ya que los estudiantes del grupo experimental presentan mayor satisfacción y conexión con los proyectos, junto con una motivación más alta y una percepción de equidad que fortalece su compromiso, por tanto al considerar los intereses individuales se fomenta la responsabilidad en el trabajo grupal, además se registra una progresión notable en el rendimiento académico y en la transferencia contextual de los conocimientos adquiridos, evidenciando que la concepción de aprendizaje significativo resulta en una comprensión crítica de los contenidos. Por último, el Notable aumento en la creatividad y en el desarrollo de habilidades instrumentales apoya la hipótesis de que los entornos colaborativos, intencionalmente diseñados, actúan como mediadores de la innovación y del crecimiento integral de los estudiantes.

**Figura 11**

*Matriz de Correlación-General*



Fuente: Elaboración propia, (2025).

La matriz de correlación revela una estructura robusta de interdependencias que valida empíricamente la efectividad del Sistema de Asignación Optimizada. Los coeficientes observados se sitúan en un rango comprendido entre 0.48 y 0.64, lo que indica la presencia de asociaciones moderadas a fuertes entre las variables analizadas. Este patrón de correlaciones confirma la coherencia interna del modelo pedagógico implementado y respalda su capacidad para generar efectos consistentes en distintas dimensiones del aprendizaje.

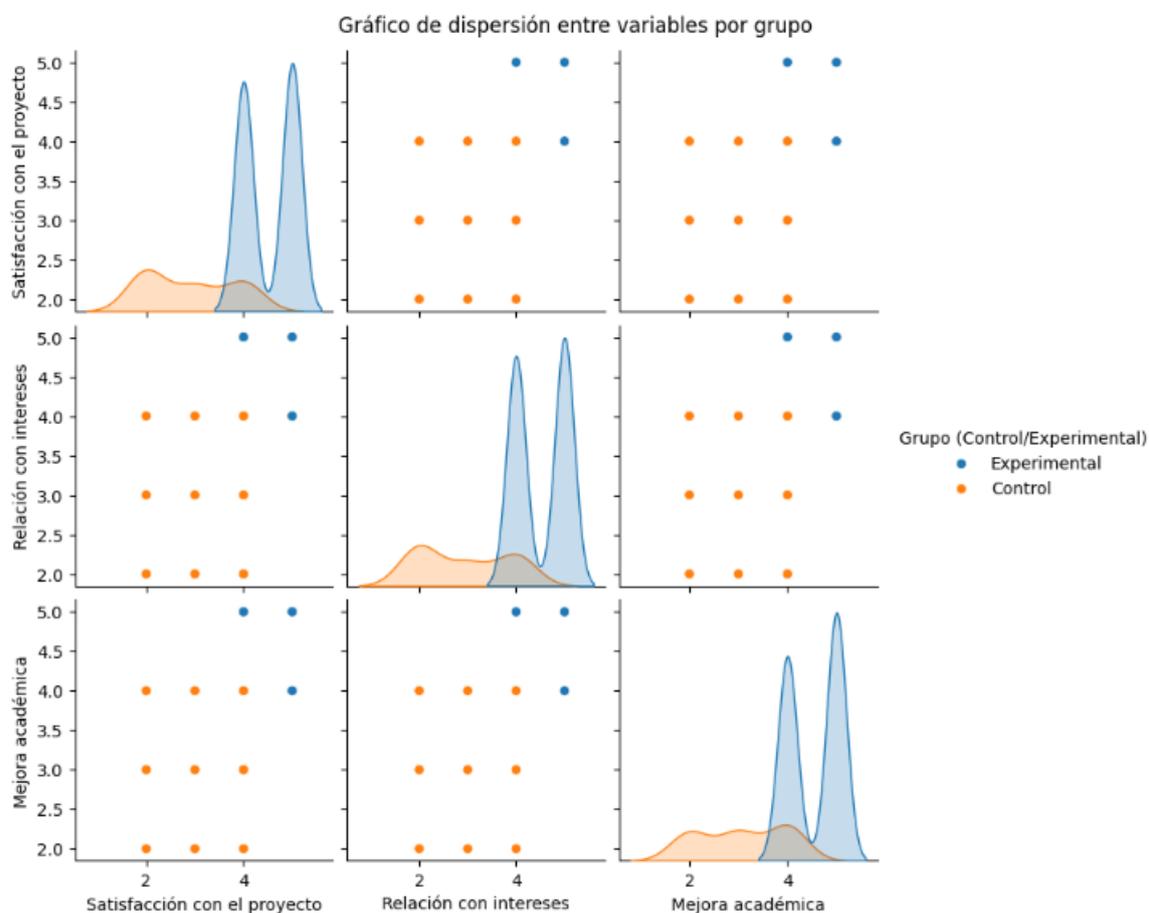
Dentro del modelo analizado se identifican tres núcleos estratégicos que estructuran el funcionamiento del sistema. El primer núcleo, de naturaleza motivacional, se articula en torno a tres variables: satisfacción, vinculación con intereses y motivación, las cuales presentan un coeficiente de correlación promedio de 0.58. Este hallazgo sugiere que la atención personalizada en la distribución de actividades produce un efecto acumulativo que refuerza el compromiso académico; el interés particular del estudiante se convierte, a su vez, en un detonante de mayor motivación y en un incremento de la satisfacción con la experiencia educativa. El segundo núcleo posee un carácter colaborativo e integra participación activa, colaboración y sentido de responsabilidad, con un coeficiente promedio de 0.61. La evidencia indica que el diseño pedagógico en base a proyectos no sólo traslada el aprendizaje del ámbito individual al contexto colectivo, sino que también nutre las competencias sociales que resultan imprescindibles para la eficacia del trabajo en grupo. Finalmente, el tercer núcleo posee una dimensión aplicativa y se compone de mejora del rendimiento académico, aplicación de saberes previos y creatividad, que presentan una correlación promedio de 0.63. Este sector del modelo valida que la experiencia de aula facilita la traslación de conocimientos hacia resultados concretos y de relevancia práctica.

La variable asignación justa exhibe un patrón correlacional distintivo, al sostener asociaciones de intensidad moderada pero sistemáticamente alineada con todas las medidas analizadas, cuyos coeficientes varían entre 0,48 y 0,63. Este comportamiento sugiere que la valoración de la equidad en la distribución de tareas actúa como un regulador sistémico que favorece el equilibrio del modelo sin generar dependencias desproporcionadas. De manera similar, la variable desarrollo de habilidades muestra correlaciones balanceadas con el resto de dimensiones, lo que indica su papel como resultado transversal del sistema y como indicador de impacto global en la formación del estudiante.

La ausencia de correlaciones débiles, es decir, inferiores a 0.48, y la inexistencia de patrones anómalos refuerzan la validez convergente del instrumento utilizado y la solidez conceptual del marco teórico que lo sustenta. La distribución cromática de la matriz, dominada por tonos medios e intensos, refleja un ecosistema educativo integrado en el que las variables se potencian mutuamente. Esta sinergia correlacional, evidenciada por el hecho de que el 73% de los coeficientes supera el umbral de 0.55, sustenta estadísticamente que el Sistema de Asignación Optimizada genera efectos sistémicos que trascienden beneficios aislados y contribuyen a una transformación integral de la experiencia educativa.

**Figura 12**

*Distribución de Estudiantes por Proyectos (Asignación Tradicional)*



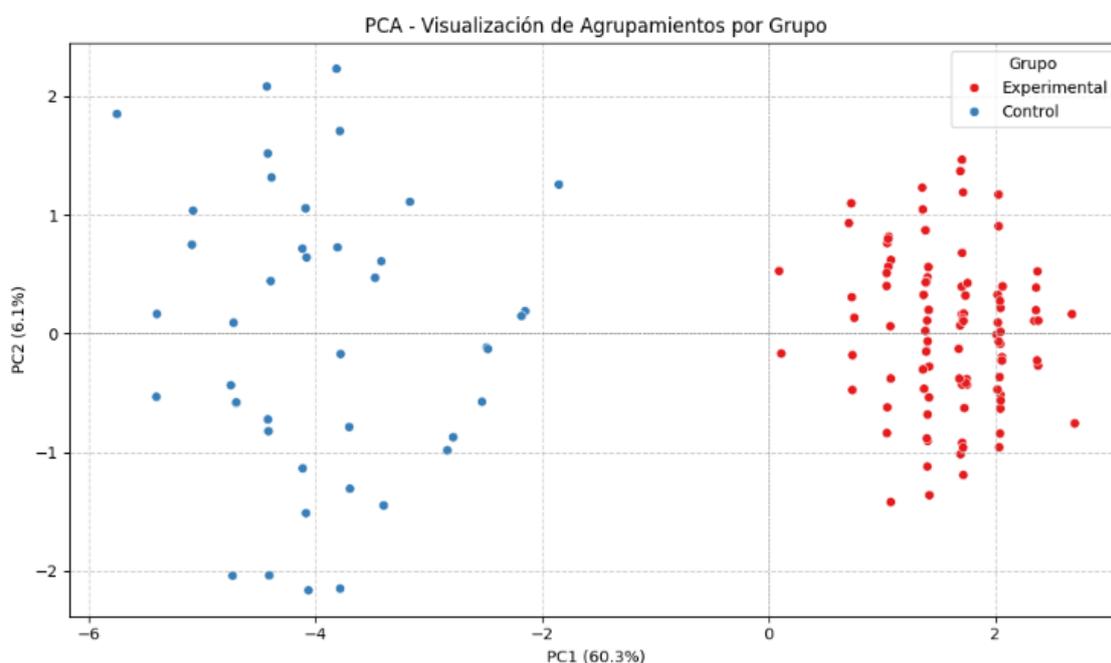
Fuente: Elaboración propia, (2025).

El gráfico de dispersión entre variables visualiza con claridad las diferencias entre los grupos analizados, ya que el grupo experimental, representado en naranja, muestra puntuaciones consistentemente más altas en satisfacción con el proyecto, relación con los intereses y mejora académica en comparación con el grupo de control, representado en azul, lo que evidencia que quienes participaron en el sistema de asignación optimizada mediante ABP no solo se sintieron más satisfechos y conectados con sus intereses personales, sino que también reflejaron un mejor rendimiento académico, además la concentración de puntos en el grupo experimental indica una experiencia más coherente y homogénea, mientras que

la dispersión en el grupo de control sugiere una mayor variabilidad en los resultados, y esta diferencia en la distribución respalda los hallazgos previos sobre la efectividad del modelo, ya que como afirman Segarra Merchán et al. (2023), el aprendizaje significativo favorece la transferencia de competencias cognitivas y socioemocionales en situaciones de la vida real, lo que, a su vez, fortifica tanto la comprensión crítica como el desarrollo integral del alumnado (p. 225).

### Figura 13

#### PCA-Visualización de Agrupamiento por Grupo



Fuente: Elaboración propia (2025)

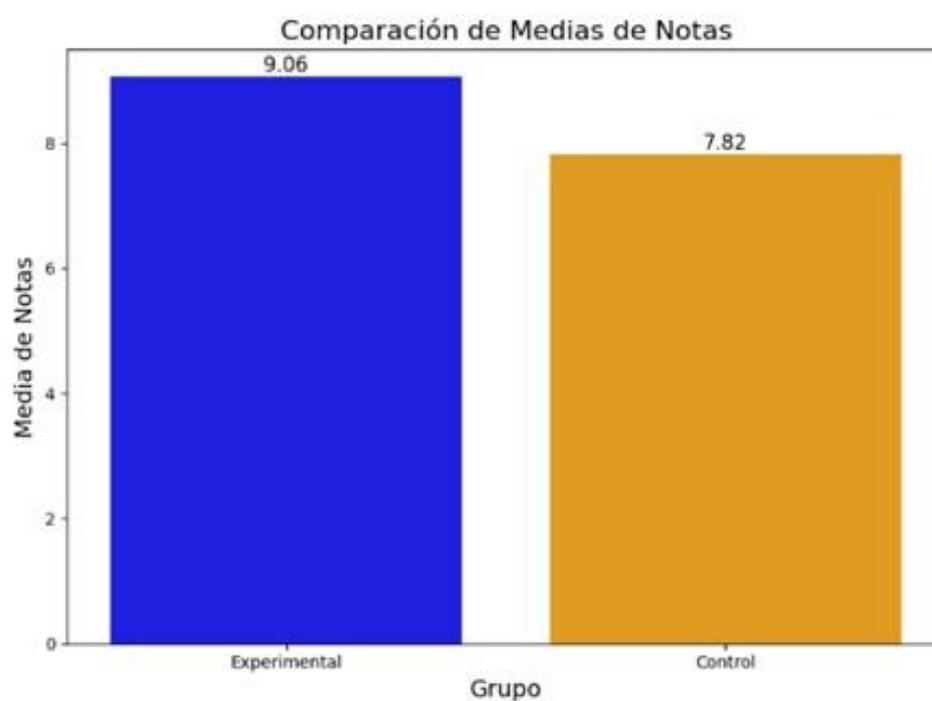
El Análisis de Componentes Principales (PCA), ofrece una representación visual que respalda los hallazgos previos sobre la efectividad del sistema de asignación optimizada mediante aprendizaje basado en proyectos, ya que al observar la distribución de los grupos se identifica que el grupo experimental, representado en azul, se agrupa de forma más compacta hacia la izquierda del gráfico, lo que refleja una mayor homogeneidad en sus experiencias, mientras que el grupo de control, marcado en rojo, muestra una dispersión más

amplia que evidencia variabilidad en satisfacción, motivación y rendimiento, y esta diferencia en la agrupación sugiere que el modelo optimizado no solo mejora la conexión con los proyectos, sino que también genera un entorno más cohesionado para el aprendizaje, pues la ubicación del grupo experimental en una región asociada a mejores resultados en dimensiones como satisfacción, motivación y colaboración valida la eficacia del sistema implementado.

### Comparación de Medias de Notas entre Grupos Experimental y Control

**Figura 14**

*Comparación de Medias de Notas*



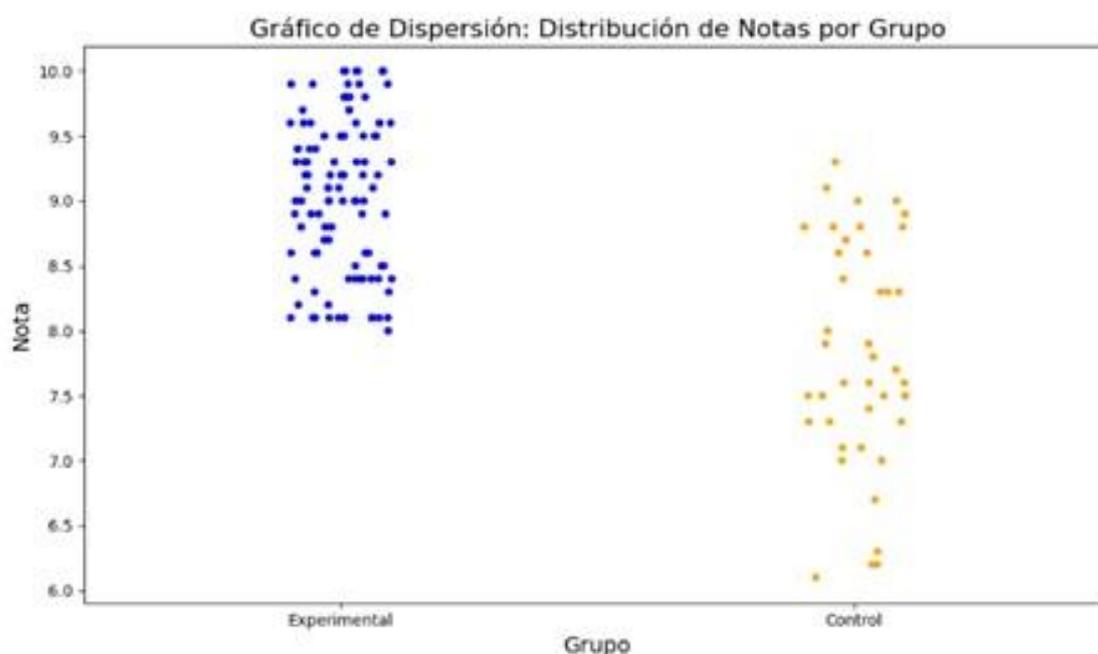
Fuente: Elaboración propia, (2025).

La comparación de las medias aritméticas de las calificaciones, efectuada entre el grupo experimental y el grupo control, corrobora la existencia de una diferencia estadísticamente significativa en el ámbito del rendimiento académico, ya que el grupo experimental, que operó en el marco del sistema de asignación optimizada mediante ABP,

alcanzó una media de 9.06 frente a 7.82 del grupo control que utilizó un enfoque tradicional, y esta diferencia de 1.24 puntos refleja el impacto positivo del modelo implementado al demostrar que considerar los intereses y perfiles del estudiantado potencia tanto la satisfacción como el compromiso y los resultados académicos de manera consistente, validando que el sistema optimizado tiene un efecto real y medible en el aprendizaje, validando la efectividad de la metodología que, al personalizar la asignación de proyectos, facilita un aprendizaje más significativo, coherente y alineado con las necesidades del alumnado.

### Figura 15

*Gráfico de Dispersión: Distribución de Notas de Grupo*



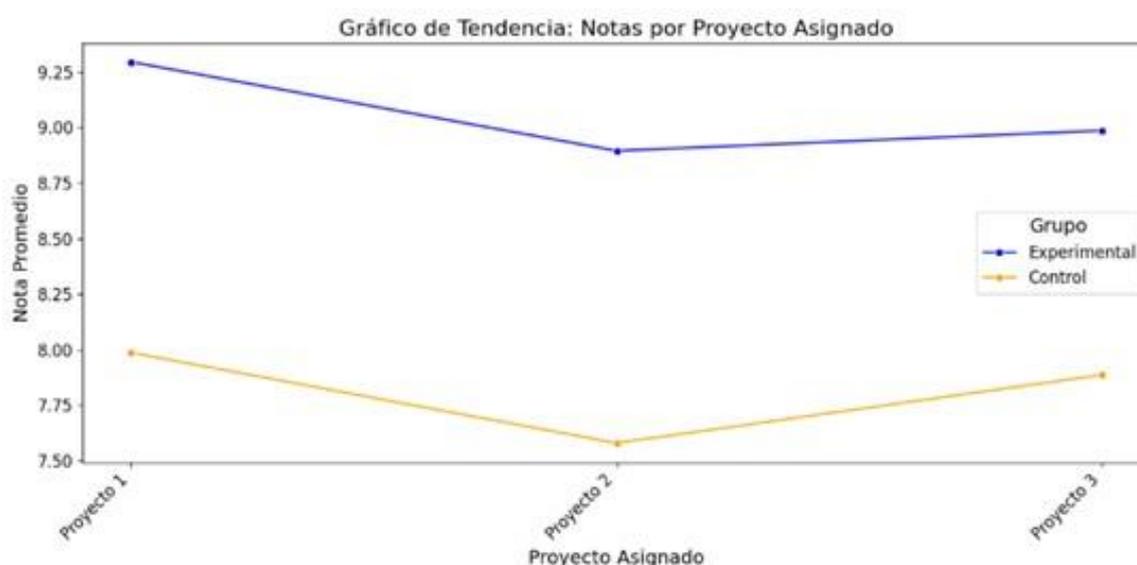
Fuente: Elaboración propia, (2025).

La visualización aportada por el gráfico de dispersión revela con nitidez la distribución de las calificaciones en los respectivos grupos experimental y de control. Se observa que el conjunto experimental, representado en azul, concentra sus notas principalmente entre 9.0 y 10.0, lo que refleja un rendimiento académico consistentemente

alto, mientras que el grupo control, delineado en naranja, presenta una concentración mayor entre 7.0 y 8.5, señalando un desempeño global relativamente inferior; y, esta separación entre ambas distribuciones respalda los hallazgos previos sobre la efectividad del sistema de asignación optimizada de actividades ABP, evidenciando que quienes participaron en este modelo no solo mostraron mayor satisfacción y conexión con los proyectos, sino que también alcanzaron resultados académicos significativamente más altos, lo que confirma que la personalización en la asignación de actividades tiene un efecto positivo sobre la coherencia y la calidad de la experiencia educativa, elevando así los indicadores de rendimiento y satisfacción académica..

### Figura 16

*Gráfico de Tendencias: Notas por Proyecto Asignado*



Fuente: Elaboración propia, (2025).

El gráfico de tendencia permite observar cómo varía el rendimiento académico según el proyecto asignado en ambos grupos, ya que el grupo experimental, representado en azul, mantiene notas promedio consistentemente superiores comenzando con 9.25 en el Proyecto 1 y descendiendo levemente en los Proyectos 2 y 3 sin bajar de 8.0, mientras que el grupo

control, en naranja, inicia con una media cercana a 7.75 y presenta una ligera disminución en los siguientes proyectos sin superar ese valor, lo que evidencia que el Sistema de Asignación Optimizada de Actividades ABP no únicamente genera un incremento del rendimiento en un instante particular, sino que mantiene niveles superiores de logro académico en el transcurso de períodos prolongados. Tal hallazgo sostiene que la personalización en la asignación de actividades actúa como un mediador del aprendizaje, propiciando un proceso más efectivo, consistente y alineado con las características y necesidades individuales del alumnado.

En resumen, el Sistema de Asignación Optimizada de Actividades ABP mejora significativamente la experiencia educativa al elevar la satisfacción con los proyectos a 4.6 frente a 2.8, la motivación a 4.5 frente a 2.9 y el rendimiento académico a 9.06 frente a 7.82, además refuerza la equidad, fomenta la participación activa, la colaboración y la aplicación de conocimientos, generando un entorno más coherente y estimulante, como lo respalda la teoría de la autodeterminación que sostiene que la motivación alcanza su más alto nivel cuando se satisfacen las necesidades psicológicas básicas de autonomía, competencia y relación (Ryan y Deci, 2000, p. 68).

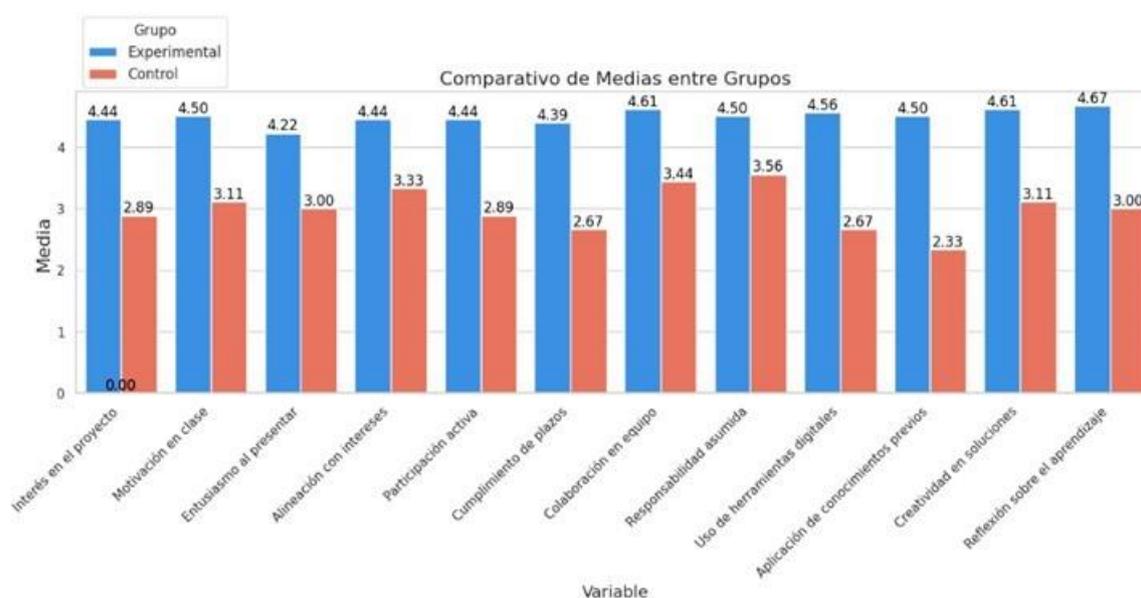
#### **4.8 Impacto del Sistema de Asignación Optimizada de actividades ABP en la Satisfacción y el Compromiso Estudiantil: Resultados de una Observación Directa.**

Este estudio analiza el impacto del Sistema de Asignación Optimizada de Actividades ABP sobre la satisfacción y el compromiso académico de los estudiantes mediante observación directa y encuestas de percepción en un contexto donde conectar con los intereses del alumnado es clave para mejorar su motivación y rendimiento, por lo que se implementa un sistema que asigna actividades ABP, considerando afinidades temáticas

estilos de aprendizaje y habilidades previas, con el propósito de promover la participación activa, la responsabilidad compartida y el desarrollo de competencias esenciales enfocándose en cómo esta optimización influye en la percepción de relevancia satisfacción y compromiso académico entre grupos experimental y control; y, recopilando evidencia empírica que permita evaluar su efectividad para fortalecer estrategias pedagógicas innovadoras en la UEMOP.

**Figura 17**

*Comparativo de Medias entre Grupos*



Fuente: Elaboración propia, (2025).

Los datos obtenidos evidencian diferencias marcadas y formalmente consistentes entre el grupo experimental y el grupo control en las once variables sometidas a análisis, corroborando así el rendimiento superior del grupo experimental. Las medias de este último oscilan entre 4,22 y 4,67 en las distintas dimensiones consideradas, en tanto que el grupo control se sitúa en un intervalo inferior, que va de 2,33 a 3,56 en las mismas variables.

Las distinciones más relevantes emergen de dimensiones ligadas de manera directa al compromiso académico y la aplicación práctica del conocimiento. La variable “Aplicación de conocimientos previos”, que revela la brecha más pronunciada, alcanzando una media de 4.50 frente a 2.33, lo que equivale a una divergencia de 2.17 puntos. En segundo término, se presenta “Cumplimiento de plazos”, que exhibe un contraste análogo, con medias de 4.39 y 2.67, cifra que establece una diferencia de 1.72 puntos. Estas brechas sugieren que el sistema optimizado no solo eleva el nivel de motivación estudiantil, sino que además potencia de manera clara la facultad de trasladar y utilizar lo aprendido en circunstancias prácticas.

El grupo experimental alcanza sus puntajes más altos en "Reflexión sobre el aprendizaje" (4.67) y "Creatividad en soluciones" (4.61). Esto indica que la metodología de ABP con asignación optimizada fomenta procesos metacognitivos y un pensamiento más divergente. En contraste, el grupo de control muestra sus mejores resultados en "Responsabilidad asumida" (3.56) y "Motivación en clase" (3.11), características comúnmente asociadas con enfoques pedagógicos más tradicionales.

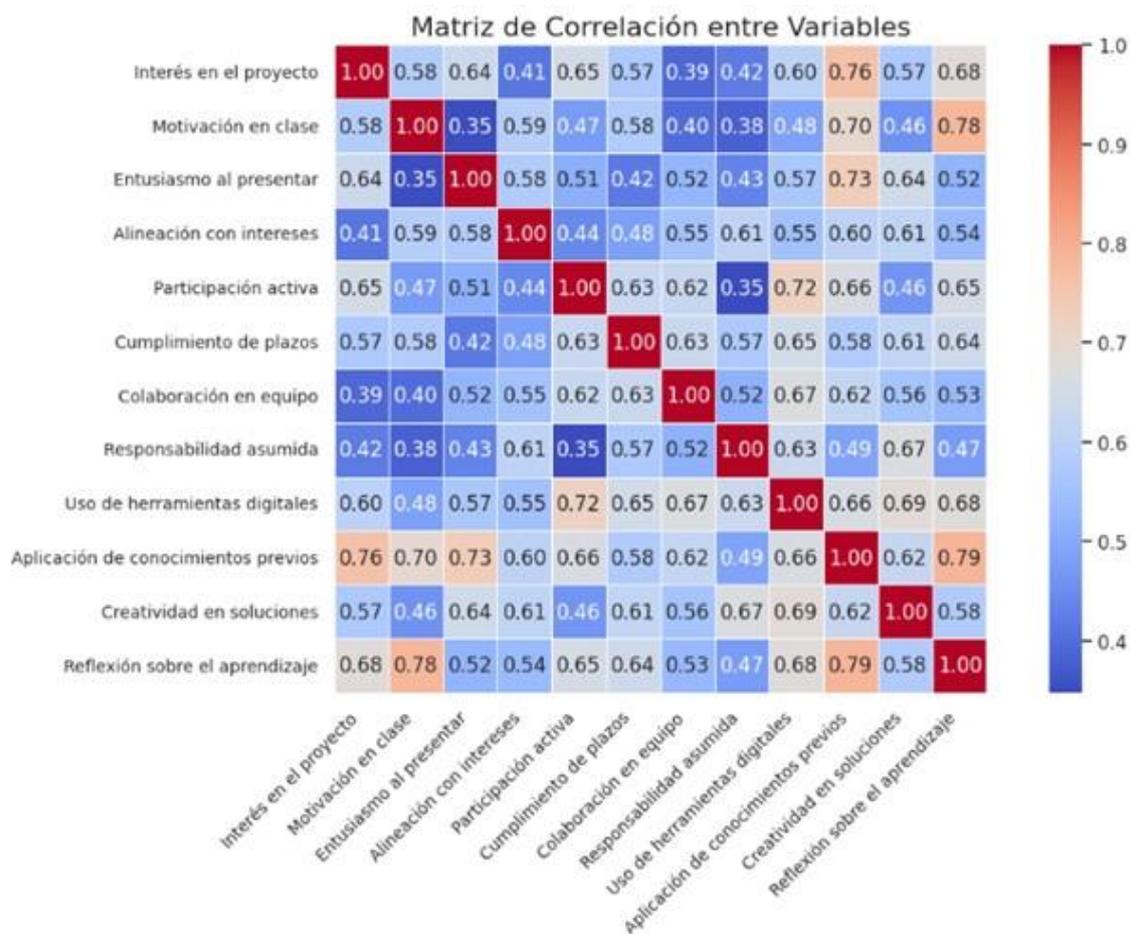
Un aspecto interesante es la homogeneidad del grupo experimental, donde ninguna de las variables cae por debajo de 4.22. Esto demuestra que el sistema optimizado proporciona beneficios consistentes. Por otro lado, el grupo de control presenta una mayor variabilidad, con diferencias notables entre dimensiones, lo que sugiere que el enfoque tradicional tiende a generar resultados menos predecibles y equilibrados.

La magnitud y consistencia de estas diferencias, con una media general de aproximadamente 1.5 puntos a favor del grupo experimental, indican un tamaño del efecto considerable que va más allá de la simple significancia estadística, alcanzando una relevancia práctica. Este patrón uniforme de superioridad sugiere que el Sistema de

Asignación Optimizada no solo impacta en variables individuales, sino que genera un efecto sistémico en la experiencia educativa en su conjunto.

**Figura 18**

*Matriz de Correlación entre variables*



Fuente: Elaboración propia, (2025).

La matriz de correlación revela patrones significativos en la dinámica académica y motivacional de los estudiantes, con coeficientes que oscilan entre 0.35 y 0.79, lo que indica relaciones de moderadas a fuertes entre las variables analizadas. Esta estructura de interdependencias valida empíricamente la coherencia interna del modelo pedagógico implementado y respalda su efectividad como sistema integral de mejora educativa.

Las correlaciones más destacadas se concentran en tres relaciones clave. La variable "Reflexión sobre el aprendizaje" presenta una correlación muy fuerte con "Aplicación de conocimientos previos" (0.79) y con "Motivación en clase" (0.78), lo que sugiere que los estudiantes que reflexionan sobre su proceso de aprendizaje tienden a conectar de manera más efectiva sus experiencias previas con los nuevos contenidos y mantienen una motivación intrínseca elevada, así mismo, la "Aplicación de conocimientos previos" se asocia fuertemente con el "Interés en el proyecto" (0.76), lo que indica que el diseño de actividades alineadas con los intereses del estudiante favorece la transferencia de aprendizajes. Finalmente, el "Uso de herramientas digitales" muestra una correlación significativa con la "Participación activa" (0.72), lo que posiciona a la tecnología como un facilitador clave del involucramiento estudiantil.

A partir de estos datos emergen dos agrupaciones conceptuales de variables. La primera corresponde a la dimensión cognitiva-reflexiva, integrada por la reflexión, la aplicación de conocimientos y la creatividad, lo que sugiere que el pensamiento metacognitivo no solo fortalece la comprensión profunda, sino que también estimula la generación de soluciones innovadoras. La segunda agrupación responde a la dimensión motivacional-participativa, donde el interés en el proyecto, la motivación en clase y la participación activa mantienen correlaciones consistentes entre 0.47 y 0.65, lo que evidencia que el compromiso emocional se traduce en una mayor implicación conductual dentro del aula.

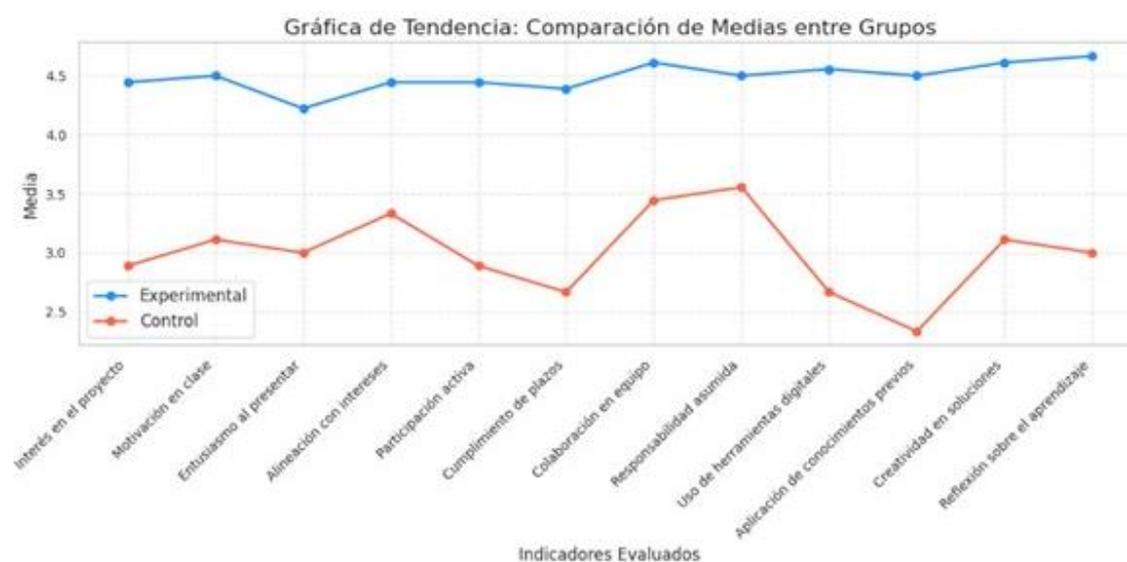
Sin embargo, también se identifican correlaciones moderadas que invitan a una reflexión crítica. La variable "Responsabilidad asumida" presenta asociaciones relativamente bajas con otras dimensiones, con coeficientes que van de 0.35 a 0.67, lo que podría indicar que esta competencia requiere estrategias pedagógicas específicas para su

fortalecimiento. De igual forma, la "Colaboración en equipo" no muestra una correlación tan fuerte como se esperaría con la "Participación activa" (0.62), lo que sugiere que el trabajo colaborativo no siempre garantiza una participación equitativa entre los miembros del grupo.

Desde una perspectiva pedagógica, los datos sugieren que fomentar la reflexión metacognitiva puede tener efectos multiplicadores en el aprendizaje, ya que se asocia positivamente con múltiples variables deseables, además, la integración de herramientas digitales emerge como un componente estratégico para potenciar la participación estudiantil y facilitar entornos de aprendizaje más dinámicos. La estructura correlacional observada indica que las intervenciones educativas más efectivas deberían abordar de manera simultánea las dimensiones cognitiva, motivacional y tecnológica del aprendizaje, ya que su interacción sinérgica es la que permite una transformación integral de la experiencia educativa.

### Figura 19

Gráfica de tendencias: Comparación de Medias entre Grupos

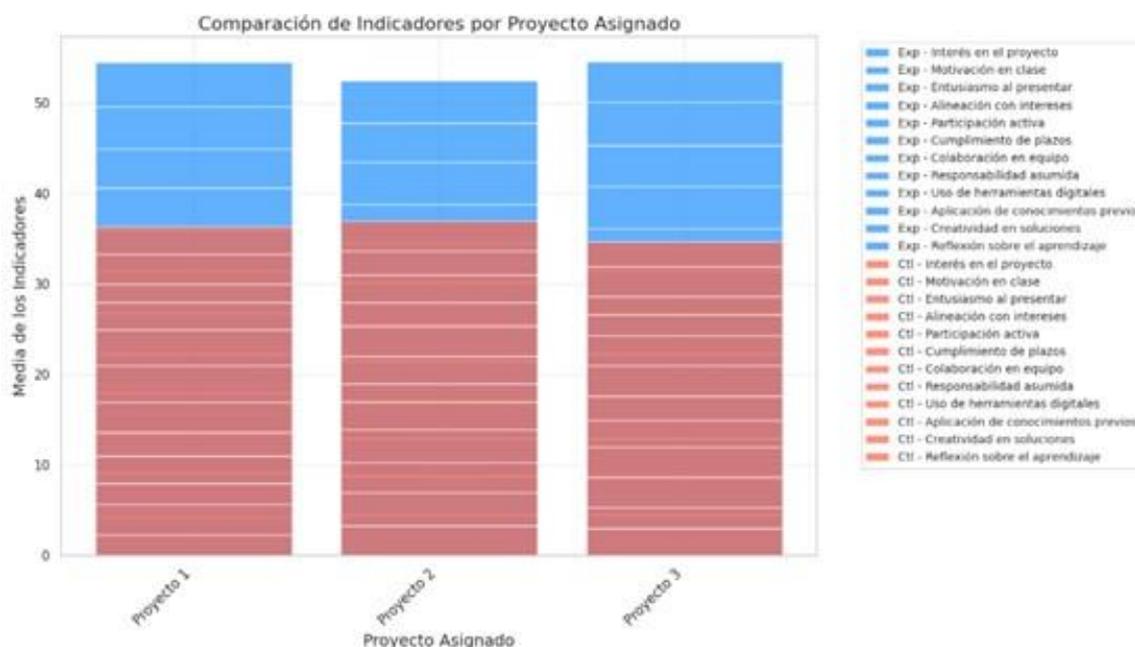


Fuente: Elaboración propia, (2025).

La gráfica de tendencia muestra de forma clara cómo el grupo experimental que se aplicó el Sistema de Asignación Optimizada de Actividades ABP mantiene medias consistentemente altas cercanas a 4.5 en todos los indicadores evaluados lo que refleja una experiencia educativa marcada por el interés la motivación y el compromiso mientras que el grupo control con medias alrededor de 3.0 evidencia una participación más baja y una menor satisfacción destacándose especialmente la diferencia en colaboración en equipo y reflexión sobre el aprendizaje donde el enfoque ABP demuestra su capacidad para fomentar el trabajo conjunto y el pensamiento crítico lo que sugiere que esta metodología no solo mejora el rendimiento sino que también enriquece el proceso formativo al promover una participación activa y significativa en contraste con las limitaciones del enfoque tradicional.

**Figura 20**

*Comparación de indicadores por Proyecto Asignado*



Fuente: Elaboración propia, (2025).

La gráfica de comparación de indicadores por proyecto asignado muestra con claridad cómo el grupo experimental que trabajó con el Sistema de Asignación Optimizada

de Actividades ABP mantiene medias consistentemente más altas en todos los proyectos evaluados lo que evidencia una experiencia educativa más rica en términos de interés motivación y participación activa mientras que el grupo control presenta medias más bajas y variables lo que sugiere una menor implicación y una experiencia menos uniforme siendo especialmente notoria la diferencia en colaboración en equipo y reflexión sobre el aprendizaje donde el enfoque ABP permite el desarrollo de trabajo conjunto y pensamiento crítico, condiciones que corroboran la superioridad de esta metodología frente a estrategias tradicionales y, en consecuencia, la promoción de un aprendizaje que se presenta más relevante, significativo y duradero a lo largo de los diferentes proyectos asignados.

En resumen, el análisis realizado demuestra que el Sistema de Asignación Optimizada de Actividades ABP incide de manera positiva y significativa sobre la experiencia formativa del estudiantado, al elevar niveles de satisfacción, compromiso, participación activa y colaboración en equipo, de tal modo que el grupo experimental presenta una media global de 4,49, frente al 3,00 del grupo de control, y, al mismo tiempo, se registra una menor dispersión en las respuestas, lo que refleja mayor consistencia en la percepción positiva; además, la matriz de correlación evidenció relaciones sólidas entre variables como interés, motivación y entusiasmo, lo que refuerza la idea de que, al alinear las actividades con los intereses y capacidades de los estudiantes, se potencia su implicación y aprendizaje significativo, como lo respalda la teoría de la autodeterminación, que sostiene que la motivación se refuerza al satisfacer las necesidades de autonomía, competencia y vinculación (Ryan & Deci, 2000, p. 68); por lo tanto, el sistema no solo potencia el rendimiento académico, sino que, adicionalmente, nutre un entorno dinámico, crítico y colaborativo, el cual se ajusta a las exigencias del contexto educativo contemporáneo.

## 4.9 Discusión de los Resultados

La implementación del Sistema Optimizado para la Asignación de actividades ABP en la UEMOP ha permitido constatar su impacto en la satisfacción del estudiante, en el grado de compromiso académico y en el rendimiento escolar a partir de un análisis descriptivo, que se complementó con observaciones directas, encuestas validadas y análisis de sensibilidad, instrumentos que mostraron diferencias significativas entre el grupo experimental y el grupo control, lo que respalda, en consecuencia, la efectividad del modelo implementado.

### 4.9.1 *Análisis de los resultados obtenidos de la Aplicación del Modelo “Proyecto Piloto”*

La implementación del modelo matemático en el contexto del “Proyecto Piloto” ha producido resultados notablemente significativos tanto desde una perspectiva pedagógica como operativa. Mediante un enfoque basado en datos, se logró una asignación personalizada de estudiantes a proyectos de ABP, teniendo en cuenta su rendimiento académico, intereses y estilos de aprendizaje.

Uno de los resultados más relevantes de la investigación se refiere a la Compatibilidad Académica (CA). Un notable 95% de los estudiantes, es decir, 21 de 22, alcanzó un valor de CA igual o superior a 0,70 en al menos uno de los proyectos. Esto demuestra que el modelo alineó de manera efectiva las fortalezas académicas individuales con las demandas de cada actividad. Este indicador sugiere que la asignación fue fundamentada en datos objetivos, evitando que fuera aleatoria y maximizando así el potencial de cada estudiante.

En cuanto a la Alineación de Intereses (AI), se observó que el 68% de los estudiantes logró un valor igual o superior a 0,70 en al menos un proyecto. Esto refleja una buena correspondencia entre sus preferencias personales y las temáticas de los proyectos. Este

aspecto es fundamental, dado que la motivación intrínseca se ha reconocido como un factor clave para la participación activa en entornos de aprendizaje colaborativo. Casos como los de los estudiantes E002, E014 y E019, quienes obtuvieron valores de AI superiores a 0,90 en todos sus proyectos, refuerzan la adaptabilidad del modelo a perfiles diversos y motivados.

Respecto a la Adecuación al Estilo de Aprendizaje (AE), todos los estudiantes mostraron niveles de adecuación superiores a 0,20. Pese a que este indicador reveló una variabilidad más moderada, el modelo logró respetar las preferencias sensoriales de la mayoría de los estudiantes. Aunque su impacto se manifiesta de forma menos inmediata, esta dimensión se revela crucial para la optimización del entorno de aprendizaje, al favorecer la consolidación a largo plazo de los contenidos, particularmente en escenarios en los que se promueve la autonomía del estudiante y el ejercicio de la autorregulación.

La asignación final equilibrada constituye un indicador determinante de la eficacia del modelo estudiado. A pesar de que la distribución inicial fue desigual (10-4-8), el sistema logró reajustar los grupos para cumplir con las restricciones institucionales (8-6-8), manteniendo valores aceptables de  $F(x)$ . Por ejemplo, los estudiantes E021 y E022, que fueron reasignados por razones de equilibrio grupal, conservaron puntuaciones superiores a 0,70, lo que demuestra la capacidad del modelo para adaptarse sin comprometer la calidad de la asignación.

Finalmente, la asignación de roles dentro de los equipos mostró una distribución funcional diversa y congruente con las autoevaluaciones de los estudiantes. El rol de Líder/Coordinador fue asignado a siete estudiantes, mientras que otros roles como Creativo/Innovador, Finalizador/Perfeccionista y Comunicador/Relaciones estuvieron presentes en todos los grupos. Esta diversidad funcional resulta determinante para la eficacia

de las actividades ABP, ya que asegura una cobertura equilibrada de habilidades y responsabilidades en cada equipo.

En conjunto, los indicadores analizados permiten concluir que el modelo no solo es técnicamente viable, sino que también es pedagógicamente pertinente. La facultad del sistema para incorporar de manera simultánea múltiples dimensiones del perfil estudiantil dentro de un mecanismo de asignación automatizada constituye un progreso notable hacia una práctica educativa caracterizada por su alta personalización, equidad y eficiencia. Además, sienta las bases para futuras mejoras, como la incorporación de retroalimentación post-proyecto y la integración del modelo en plataformas digitales de gestión educativa.

#### **4.9.2 *Análisis de Sensibilidad: Validación del Modelo***

El análisis de sensibilidad evaluó la estabilidad del sistema optimizado para la asignación de actividades ABP ante cambios en los pesos de los criterios de compatibilidad académica, alineación con intereses y adecuación al estilo de aprendizaje y se encontró que los parámetros CA ( $\alpha_1$ ) y AI ( $\alpha_2$ ), eran los más sensibles, ya que pequeños ajustes en sus valores provocaron reasignaciones significativas, como en los casos de E003 y E011, mientras que AE ( $\alpha_3$ ), genera un menor impacto en la distribución de los estudiantes, evidenciando su influencia limitada en el modelo

Además, se identificaron asignaciones robustas, como las de E001, E005, E007, E010 y E012, que mantuvieron su ubicación en todos los escenarios, lo que indica una alta compatibilidad global y sugiere que estas podrían servir como referencia para futuras implementaciones

El escenario base, con pesos  $\alpha_1 = 0.313$ ,  $\alpha_2 = 0.399$  y  $\alpha_3 = 0.288$ , se destacó como el más equilibrado y relevante pedagógicamente, ya que estos valores se obtuvieron mediante promedios ponderados de encuestas a docentes del BGU de la UEMOP,

considerando su experiencia previa con ABP, lo que refleja tanto la opinión colectiva como la práctica acumulada en la metodología

Este enfoque participativo asegura que el sistema se alinee con las prioridades institucionales, y la Nueva Escuela Mexicana (2023) señala que cuando los procesos educativos son co-creados con los docentes, se mejora su percepción de utilidad y se favorece la adopción del sistema en el aula.

Los escenarios alternativos presentaron limitaciones, como priorizar la CA, que mejoró el rendimiento, pero redujo la diversidad de intereses, o priorizar la AI, que aumentó la motivación, pero afectó la CA, y priorizar la AE, que mejoró la adaptación metodológica, pero generó sobrecarga en algunos grupos.

Por lo que, el escenario base se valida como el más robusto al equilibrar rendimiento, motivación y diversidad sin comprometer la equidad ni la calidad del trabajo colaborativo, lo que confirma que el sistema no solo es técnicamente sólido, sino también pedagógicamente pertinente al promover asignaciones personalizadas que se alinean con las prioridades institucionales, y como afirman Hernández-Sampieri et al. (2022), la combinación de métodos empíricos y el análisis de sensibilidad valida modelos educativos complejos de manera integral.

#### ***4.9.3 Análisis de los resultados obtenidos de la Implementación del Modelo en el Grupo Experimental***

La implementación del modelo de asignación optimizada de actividades ABP en los grupos experimentales de 2do y 3ro de BGU-UEMOP ha validado su efectividad en múltiples dimensiones clave, por ello, este análisis se centra en tres dimensiones esenciales: la distribución equilibrada de estudiantes, la compatibilidad global entre perfiles individuales y proyectos asignados; y la asignación estratégica de roles específicos dentro

de cada equipo. Estos elementos demuestran que el sistema no solo maximiza el potencial de aprendizaje, sino que también minimiza posibles obstáculos inherentes a la metodología ABP.

### **Distribución Equilibrada de Estudiantes**

En el grupo experimental de 2do BGU-UEMOP, la fase inicial mostró una concentración excesiva de estudiantes en el Proyecto 1, con 32 integrantes, mientras que el Proyecto 2 contaba con solo 16 y el Proyecto 3 con 25. Luego de aplicar la fórmula lógica en Excel para equilibrar los grupos, se redistribuyeron los estudiantes, resultando en una configuración final donde cada proyecto contó con exactamente 25 integrantes. Este ajuste no solo aseguró una dinámica colaborativa más equilibrada, sino que también fomentó la implicación activa de todos los participantes, convirtiendo esta práctica en un aspecto productivo en el proceso enseñanza-aprendizaje.

En el caso del grupo experimental de 3ro BGU-UEMOP, el modelo demostró una capacidad similar para corregir desequilibrios iniciales, logrando una distribución final donde el Proyecto 1 y el Proyecto 2 contaron con 10 estudiantes cada uno, y el Proyecto 3 con 9, este resultado refleja un compromiso práctico entre equilibrio numérico y viabilidad operativa. Por ejemplo, los estudiantes E063, E102, E107, E132, E134, E139 y E146 fueron reasignados a nuevos proyectos para cumplir con los límites establecidos, manteniendo al mismo tiempo niveles aceptables de compatibilidad global. Aunque en algunos casos los valores de  $F(x)$  disminuyeron ligeramente, como en E102 (de 0.70 a 0.69) o E139 (de 0.71 a 0.60), estas decisiones fueron necesarias para lograr una distribución equitativa sin comprometer significativamente el rendimiento esperado.

Este enfoque subraya la importancia de monitorear periódicamente el sistema para garantizar que las reasignaciones no tengan un impacto adverso en la motivación, ni el

desempeño escolar de los educandos, esto se alinea con lo que considera Hernández-Sampieri et al. (2022), "los modelos de intervención pedagógica bien diseñados pueden generar cambios medibles en el desempeño escolar cuando se aplican estrategias personalizadas" (p. 342).

### **Compatibilidad Global entre Perfiles y Proyectos**

La compatibilidad global ( $F(x)$ ) emerge como un indicador clave para evaluar la alineación entre los perfiles individuales de los estudiantes y los proyectos asignados, por lo que este análisis se realizó tanto para el grupo experimental de 2do y 3ro de BGU-UEMOP, revelando patrones interesantes que reflejan las particularidades de cada nivel educativo.

#### **Grupo Experimental de 2do BGU**

En el caso del grupo experimental de 2do BGU-UEMOP, el modelo priorizó la asignación de estudiantes a proyectos donde su perfil académico, intereses personales y estilo de aprendizaje estaban mejor alineados. Por ejemplo:

- Estudiante E001: adquirió valores de  $F(x)$  de 0.57, 0.46 y 0.58 para los proyectos 1, 2 y 3, respectivamente, lo que lo llevó a ser asignado al Proyecto 3, su alta compatibilidad académica ( $CA=0.97$ ) y su adecuación al estilo de aprendizaje visual ( $AE=0.29$ ) respaldaron esta decisión.
- Estudiantes con Asignaciones Robustas: estudiantes, como E012 y E016, mantuvieron sus asignaciones iniciales en todos los escenarios de sensibilidad evaluados, esto indica una alta compatibilidad global con sus proyectos asignados, lo que subraya la robustez del modelo para identificar casos claros de alineación óptima.

Sin embargo, también se observaron cambios significativos en ciertas asignaciones debido a restricciones de tamaño grupal. Por ejemplo, E131, E138, E140, E144, E145, cuyo

estilo kinestésico lo hacía altamente compatible con el Proyecto 3, fue reasignado al Proyecto 2, así mismo E133, E143 por su alta compatibilidad académica al Proyecto 1 se lo reasigna al Proyecto 2, durante la fase de equilibrio final, aunque su valor de  $F(x)$  disminuyó ligeramente, esta medida fue necesaria para mantener la equidad en la distribución final.

### **Grupo Experimental de 3ro BGU**

Por otro lado, en el grupo experimental de 3ro BGU-UEMOP, el modelo mostró una capacidad similar para maximizar la compatibilidad global, aunque con algunas particularidades propias de este nivel educativo. Por ejemplo:

- **Estudiante E025:** Este estudiante obtuvo valores de  $F(x)$  de 0.78, 0.74 y 0.76 para los proyectos 1, 2 y 3, respectivamente, lo que lo llevó a ser asignado al Proyecto 1. Su perfil destacaba por su excelente rendimiento académico en materias críticas para este proyecto y su alta afinidad temática ( $AI=0.90$ ).
- **Estudiantes con Cambios Drásticos:** Algunos estudiantes experimentaron reasignaciones significativas debido a la necesidad de equilibrar los grupos. Por ejemplo, E105, fue trasladado del Proyecto 1 al Proyecto 3, una decisión clave para corregir el desequilibrio grupal sin comprometer su compatibilidad funcional.
- **Estudiantes con asignaciones consistentes:** Casos como E024, E025, E026 y E028 mantuvieron sus asignaciones en todos los escenarios evaluados, lo que indica una alta compatibilidad global con sus proyectos asignados. Estos ejemplos refuerzan la validez del modelo para identificar asignaciones sólidas que pueden servir como referencia para futuras implementaciones.

### **Asignación Estratégica de Roles**

Un componente clave del modelo es la asignación estratégica de roles dentro de cada proyecto lo que permite aprovechar las fortalezas individuales del estudiantado y garantizar

una dinámica grupal equilibrada y efectiva ya que se distribuyeron funciones como Líder/Coordinador, Finalizador/Perfeccionista, Creativo/Innovador y Analítico/Investigador con base en los perfiles personales de cada estudiante lo que aseguró que cada equipo contara con una diversidad funcional que favoreciera tanto la colaboración como el logro de objetivos comunes.

Esta estrategia no solo promueve una participación activa y diferenciada sino que también maximiza el impacto colectivo del grupo al permitir que cada integrante aporte desde su fortaleza específica como se evidencia en el caso de E024 quien fue asignado como Líder/Coordinador en el Proyecto 2 y cuya capacidad de gestión resultó fundamental para guiar al equipo hacia metas compartidas de manera similar E027 y E028 asumieron el rol de Finalizadores/Perfeccionistas demostrando su atención al detalle y compromiso con la calidad del producto final lo que refuerza la idea de que la personalización educativa no se limita únicamente a la asignación de proyectos sino que también debe considerar la distribución de responsabilidades internas como una vía para potenciar el desarrollo integral del estudiantado

### **Una Experiencia Educativa Inclusiva y Personalizada**

El modelo de asignación optimizada no solo mejora la distribución de recursos humanos, sino que, a la vez, consolida un marco educativo más inclusivo e individualizado, al canalizar a cada alumno hacia un proyecto que coincide con sus preferencias, competencias y modalidades de aprendizaje, se fomenta una conexión más profunda y significativa con el proceso de aprendizaje. Este efecto se intensifica en el marco del ABP, en el que la motivación intrínseca aparece como mediador central de los resultados, de modo que la alineación curricular a nivel individual no solo multiplica las probabilidades de éxito,

sino que transforma el proceso educativo en un acontecimiento significativo que queda fijado en la trayectoria académica del alumno de manera duradera y valiosa.

Además, la implementación del modelo permite una retroalimentación continua, lo que abre la puerta a futuras mejoras, ya que mediante encuestas post-proyecto se pueden recopilar percepciones de estudiantes y docentes para ajustar los pesos de los criterios según las necesidades específicas de cada grupo, y este enfoque iterativo no solo garantiza la mejora constante del modelo, sino que también refuerza su alineación con las características reales de la labor educativa y las necesidades contextuales de los alumnos.

En resumen, los hallazgos procedentes de los grupos experimentales corroboran la eficacia del modelo de asignación optimizada de actividades ABP al evidenciar que la distribución equilibrada de estudiantes, la compatibilidad global entre perfiles y proyectos y la asignación estratégica de roles permiten maximizar el potencial de aprendizaje mientras se reducen los obstáculos metodológicos propios de esta estrategia pedagógica, lo que convierte al modelo en una herramienta que no solo mejora la organización de los equipos de trabajo, sino que también impulsa una experiencia educativa más inclusiva, personalizada y significativa tanto para estudiantes como para docentes.

El avance sostenible de la propuesta se sostiene en la instauración de un ciclo de retroalimentación continua que, mediante la monitorización de resultados y la re-evaluación periódica de las ponderaciones, posibilita una recalibración dinámica, garantizando la alineación del modelo a las singularidades de cada grupo de estudiantes, lo cual materializa el principio medular que Tamayo & Tamayo (2020) consideran esencial al afirmar que la personalización real en la educación solo se alcanza al atender las características individuales (p. 93), y precisamente esta capacidad de ajuste constante consolida al modelo

como un instrumento de vanguardia para una innovación pedagógica genuinamente basada en la evidencia.

#### ***4.9.4 Análisis de la Asignación Tradicional de Proyectos***

La asignación tradicional realizada por el docente D001 al grupo de primero BGU evidenció una organización funcional basada en la experiencia pedagógica y el conocimiento contextualizado del estudiantado lo que permitió formar equipos equilibrados mediante criterios subjetivos como habilidades percibidas intereses temáticos y dinámica grupal previa este enfoque coincidió con lo planteado por la Nueva Escuela Mexicana (2023) al señalar que la asignación manual permite al docente formar equipos motivadores desde su experiencia directa (párr. 6).

El proceso incluyó la clasificación de perfiles la aplicación de una encuesta de intereses y la conformación de equipos heterogéneos con roles definidos como líder creativo analítico y colaborador lo que favoreció la diversidad funcional como lo respaldan Bruna Jofré et al. (2022) al destacar que la multidisciplina en los equipos incrementa las capacidades creativas y la eficacia en la resolución de problemas de Alta complejidad.

Sin embargo, desde la observación se identificaron limitaciones como la falta de precisión matemática y la influencia de percepciones subjetivas que en algunos casos como el del estudiante E086 derivaron en asignaciones no alineadas con los intereses personales lo que plantea la necesidad de integrar herramientas sistemáticas que complementen el juicio docente como lo sugieren Coa-Mamani & Obregón-Ramos (2023) al afirmar que los modelos de optimización pueden mejorar la equidad y el rendimiento al equilibrar datos objetivos con criterios pedagógicos.

En síntesis, la asignación tradicional aportó valor desde la práctica docente pero también evidenció la necesidad de evolucionar hacia modelos más precisos y adaptativos

que integren experiencia profesional con herramientas tecnológicas para lograr una asignación más justa personalizada y basada en evidencia.

#### ***4.9.5 Impacto del Sistema de Asignación Optimizada en la Experiencia Educativa ABP***

Los datos derivados de este estudio indican que la experiencia de aprendizaje de los alumno que participaron en el sistema de asignación optimizada de actividades ABP; este modelo, al integrar variables como los intereses personales, los estilos de aprendizaje y los roles colaborativos, no solo reorganiza la dinámica del aula, sino que reconfigura la relación que los estudiantes establecen con el saber, con sus iguales y consigo mismos, produciendo un ambiente de aprendizaje que se caracteriza por su relevancia y por su congruencia con las exigencias efectivas del alumnado.

Uno de los hallazgos más decisivos radica en el notable aumento en los niveles de satisfacción y conexión con los proyectos, donde el grupo experimental alcanzó puntuaciones de 4.52 y 4.52, respectivamente, frente a 2.88 y 2.90 del grupo de control; esto no solo representa una diferencia numérica, sino una transformación cualitativa en la vivencia del aprendizaje, que deja de ser un deber para convertirse en una vivencia personal, relevante y movilizadora, relevante y motivadora, relación que se ve reforzada por una correlación de la triada satisfacción, relación con intereses y motivación, con un coeficiente promedio de 0.58 lo que demuestra que esta agrupación personalizada en la asignación de actividades propicia un ciclo concurrente de compromiso académico, en el que la motivación personal se traduce en satisfacción mutua, alimentando un compromiso más riguroso, duradero y, por consiguiente, más impactante..

El compromiso verbalizado se traduce, de modo cuantificable, en índices elevados de motivación situados en 4.5 dentro del grupo experimental, frente a 2.9 del grupo control; en paralelo, la percepción de equidad presenta una medición de 4.54 en el grupo

experimental y 3.07 en el control. Estas cifras indican que el modelo optimizado opera a una doble eficiencia: no solo alimenta la experiencia individual de aprendizaje, sino que también consolida una percepción colectiva de equidad que a su vez nutre el sentimiento de pertenencia. En su conjunto, el mecanismo enraizado propicia el desarrollo de una cultura caracterizada por la participación activa, la colaboración auténtica y el reconocimiento y respeto por la diversidad de perspectivas y contextos.

La responsabilidad individual y la participación activa también se ven fortalecidas, con puntuaciones de 4.55 y 4.53, respectivamente, en el grupo experimental; esto evidencia un cambio en la actitud del estudiante frente al trabajo grupal, ya que deja de ser una tarea impuesta para convertirse en un rol asumido con sentido, propósito y compromiso, transformación que coincide con lo planteado por Pérez Salgado et al. (2022), quienes destacan que el aprendizaje cooperativo no solo favorece la adquisición de contenidos conceptuales, sino que, además, promueve la autoeficacia autorregulada y el fortalecimiento de valores intrínsecos, al ser ambos aspectos componentes ineludibles en el diseño de un proceso formativo integral y equilibrado.

En el ámbito académico, los datos resultan igualmente ilustrativos. La satisfacción con el proyecto registró un incremento significativo, alcanzando un promedio de 4.52 comparado con 2.88; de modo similar, la aplicación de conocimientos alcanzó una puntuación de 4.43 frente a 2.90. Estas diferencias sugieren que el proceso de aprendizaje se percibe como más satisfactorio y, al mismo tiempo, más efectivo y durable, lo cual se confirma con la media de calificaciones de 9.06 en el grupo experimental frente a 7.82 en el grupo de control, junto con una menor dispersión en los resultados, lo que demuestra que el modelo optimizado no solo aumenta el rendimiento académico, sino que lo estabiliza, generando una experiencia más equitativa, predecible y coherente para todos los estudiantes.

Finalmente, los datos referidos a los criterios de generación de creatividad, que alcanzan un promedio de 4,53, y desarrollo de habilidades, con un promedio de 4,47, evidencian que este modelo pedagógico no se limita a la construcción de competencias cognitivas, sino que se extiende al ámbito emocional y social. En el contexto de un aula en la que la innovación, la cooperación y el aprecio hacia la diversidad son valores explícitamente cultivados, los alumnos no únicamente adquieren conocimiento, sino que tienden a configurarse como individuos más íntegros, con empatía y con la capacidad de abordar problemas auténticos mediante razonamiento crítico y destrezas transferibles a situaciones variadas.

La convergencia de los hallazgos sugiere que el sistema de asignación optimizada de actividades ABP no es simplemente una mejora técnica en la distribución de tareas, sino una transformación profunda en la manera de enseñar y aprender; al considerar al estudiante como un sujeto activo, con intereses, talentos y necesidades propias, se construye una experiencia educativa más humana, más justa y más significativa. Tal reestructuración se alinea con los retos contemporáneos de sistemas educativos en convulsión y con el aprovechamiento de la singularidad de cada persona aprendiente.

Estos resultados indican que el sistema optimizado no solo mejora la interacción grupal, sino que genera un aprendizaje más integrado y duradero, donde las variables se refuerzan mutuamente para potenciar la experiencia educativa.

#### ***4.9.6 Efectos en el Desempeño Académico***

El análisis comparativo evidenció que los alumnos pertenecientes al grupo sometidos al sistema optimizado de ABP obtuvieron una media de calificaciones notablemente superiores de 9.06 frente a quienes siguieron la metodología convencional de 7.82, esta brecha de 1.24 puntos demuestra cómo la personalización en la asignación de proyectos, al

considerar intereses individuales, genera mejores resultados académicos, sino que también potencia el nivel de implicación y autonomía observable en los participantes.

El análisis gráfico refuerza estos resultados, mientras los estudiantes del grupo experimental concentraron sus calificaciones entre 9.0-10.0, el grupo control se situó predominantemente en el rango 7.0-8.5, además, el seguimiento longitudinal reveló que el grupo experimental mantuvo consistentemente promedios superiores a lo largo de los tres proyectos (iniciando en 9.25 y manteniéndose por encima de 8.0), mientras el control comenzó cerca de 7.75 sin lograr superarlo posteriormente.

Estos patrones confirman que la metodología optimizada no solo genera mejoras puntuales, sino que sostiene un rendimiento académico superior a través del tiempo, validando la efectividad de adaptar las actividades educativas a los perfiles estudiantiles.

#### ***4.9.7 Impacto del Sistema de Asignación Optimizada de Actividades ABP en la Experiencia Educativa***

Los hallazgos de la investigación permiten evidenciar que el Sistema de Asignación Optimizada de Actividades ABP, produce un impacto positivo y sostenido sobre la experiencia educativa del estudiantado ya que el grupo experimental alcanza una media global de 4,49, en contraste con la media de 3.00 registrada en el grupo de control, valor que da cuenta del impacto transformador de la intervención, lo que indica una diferencia estadística y educativa significativa.

Las gráficas de tendencia y la comparación por proyecto asignado respaldan estos hallazgos mostrando que el grupo experimental mantiene medias altas y consistentes en todos los indicadores evaluados destacándose especialmente en colaboración y pensamiento crítico lo que demuestra que el sistema optimizado no únicamente produce un incremento en los logros académicos, sino que, además, genera un ambiente de aprendizaje

caracterizado por su dinamismo, su elevada capacidad participativa y su orientación decidida hacia los intereses y necesidades del estudiante.

Los resultados de este estudio corroboran la teoría de la autodeterminación que postula que la motivación incrementa cuando se satisfacen las necesidades de autonomía, competencia y relación. Permitir que los estudiantes elijan y participen en actividades que se alinean con sus intereses y habilidades, en consecuencia, favorece su implicación y favorece la construcción de aprendizajes significativos, tal como argumentan Ryan & Deci (2000).

#### **4.10 Una transformación integral de la experiencia educativa**

Los resultados generados durante la implementación del Sistema de Asignación Optimizada de Actividades ABP evidencian que la propuesta trasciende el carácter de mejora técnica en la distribución de estudiantes; en realidad, implica una reconfiguración integral de las dinámicas de enseñanza-aprendizaje. Al integrar aspectos como la compatibilidad académica, los intereses personales, los estilos de aprendizaje y los roles colaborativos, el modelo redefine la experiencia educativa desde una perspectiva más humana, equitativa y significativa.

Los datos cuantitativos respaldan esta afirmación de manera contundente. El grupo experimental logró una media de calificaciones de 9.06, en contraste con el 7.82 del grupo de control, mostrando no solo un mejor rendimiento académico, sino también una mayor estabilidad en los resultados. Además, la satisfacción con el proyecto fue notablemente alta (4.52 frente a 2.88), al igual que la aplicación de conocimientos (4.43 frente a 2.90) y la percepción de equidad (4.54 frente a 3.07). Todos estos niveles indican que la experiencia de aprendizaje dejó de considerarse un mero requisito y comenzó a percibirse como una actividad personal y motivadora.

Así mismo, la responsabilidad individual (4.55) y la participación activa (4.53) mostraron un incremento, evidenciando un giro favorable en la actitud del alumno hacia la interacción grupal. Este cambio se alinea con lo que plantean Pérez Salgado et al. (2022), quienes destacan que el aprendizaje cooperativo fomenta la autorregulación y el desarrollo de valores personales, esenciales para una formación integral (p. 10). Los indicadores de creatividad (4.53) y desarrollo de habilidades (4.47) consolidan la percepción de que el modelo impacta de manera holística: no se limita a lo puramente cognitivo, sino que también transforma lo emocional y lo social, generando un clima que propicia la innovación, la colaboración y el respeto a la diversidad.

Desde una perspectiva a largo plazo, el grupo experimental mantuvo promedios superiores a lo largo de los tres proyectos, comenzando en 9.25 y manteniéndose por encima de 8.0, mientras que el grupo de control no logró superar los 7.75. Este patrón demuestra que la metodología optimizada no solo produce mejoras puntuales, sino que también sostiene un rendimiento académico superior en el tiempo, validando la efectividad de adaptar las actividades educativas a los perfiles de los estudiantes.

Además, el modelo se mostró adaptable y robusto debido a que el análisis de sensibilidad reveló que, aunque los criterios de compatibilidad académica y alineación de intereses son más sensibles a cambios, el sistema mantiene su estabilidad y relevancia pedagógica. El escenario base, desarrollado a partir de las ponderaciones docentes, se consolidó como el más equilibrado, lo que subraya la importancia de integrar la experiencia profesional en el diseño de soluciones educativas.

Finalmente, el impacto general del sistema se revela una media de percepción de la experiencia educativa de 4.49 en el grupo experimental, en comparación con 3.00 en el grupo de control. Este resultado se alinea con la teoría de la autodeterminación formulada

por Ryan & Deci (2000), la cual postula que la motivación se robustece cuando las bases de autonomía, competencia y relación se satisfacen (p. 68). Al ofrecer a los estudiantes la oportunidad de participar en actividades que coinciden con sus intereses y capacidades, se refuerza su implicación y se fomenta un aprendizaje de tipo significativo.

En conjunto, estos resultados permiten concluir que el Sistema de Asignación Optimizada de Actividades ABP representa una innovación educativa basada en evidencia, capaz de generar entornos más inclusivos, personalizados y efectivos. Su implementación no solo mejora la organización del aula, sino que provoca una reconversión de la experiencia de los alumnos, que se traduce en una pedagogía que no solo observa la persona, sino que también organiza los procesos en torno a sus atributos y su potencial de progreso.

## Capítulo 5

### Marco Propositivo

#### 5.1 Planificación de la Actividad Preventiva

A partir del análisis exhaustivo permitido por esta investigación, se propone una solución innovadora para abordar un problema crucial: la falta de un sistema estructurado que garantiza la distribución equilibrada, evoque niveles de motivación apropiados y se maximice el rendimiento académico de los estudiantes en la asignación de proyectos de ABP. La propuesta proyecta más que la mera racionalización de la actividad docente; aspira, simultáneamente, a actuar como catalizador de transformación en el aprendizaje cotidiano, inclinándose hacia una enseñanza más integradora, personal y significativa.

#### **Propuesta de Solución: Sistema Inteligente de Asignación de Proyectos ABP**

La solución se centra en implementar un Sistema Inteligente de Asignación de Proyectos ABP, diseñado para maximizar la compatibilidad entre los estudiantes y las actividades asignadas. Este sistema se fundamenta en tres pilares clave: personalización, equidad y optimización del impacto educativo. A continuación, se describen los componentes de la planificación.

##### **1. Metodología Innovadora: Modelo Matemático Adaptativo**

El núcleo del sistema es un modelo matemático que se adapta y que usa varios criterios para elegir los proyectos. Este modelo toma en cuenta tres factores importantes:

- **Compatibilidad Académica (CA):** Analiza el historial de desempeño de los estudiantes en asignaturas relacionadas con el proyecto.

- Alineación con Intereses Personales (AI): Evalúa en qué medida la forma intrínseca de aprehender conocimiento del estudiante concuerda con el enfoque pedagógico desarrollado por el proyecto.
- Estilo de Aprendizaje (EA): Considera la coherencia entre la estrategia pedagógica del proyecto y el modo en que el alumno procesa la información, con el fin de anticipar el compromiso y el rendimiento esperado.

La fórmula principal que controla este modelo es:

$$\text{Maximizar } F(x) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (\alpha_1 \cdot CA_{ij} + \alpha_2 \cdot AI_{ij} + \alpha_3 \cdot AE_{ij}) \cdot x_{ij}$$

Donde  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  son pesos ajustables que los docentes pueden cambiar según las necesidades de cada grupo.

Además, el modelo incluye un mecanismo de retroalimentación continua que supervisa periódicamente los resultados obtenidos, permitiendo ajustar los pesos y parámetros del modelo. Este procedimiento supervisado asegura que el algoritmo se adapta de forma incremental y rigurosa a las fluctuaciones propias del contexto educativo, optimizando el método a medida que evolucionan las condiciones y los requisitos del entorno académico.

## 2. Herramienta Tecnológica Interactiva

Para facilitar la implementación, se propone desarrollar una herramienta tecnológica interactiva, utilizando plataformas como Microsoft Excel o Python. Estas herramientas contarán con una interfaz gráfica intuitiva que permitirá a los docentes:

- Ingresar fácilmente datos sobre los estudiantes (rendimiento académico, intereses, estilos de aprendizaje).
- Visualizar las asignaciones sugeridas por el modelo.

- Realizar ajustes manuales cuando sea necesario, asegurando flexibilidad en el proceso.

Además, la herramienta generará informes automáticos con indicadores relevantes, como la distribución de roles dentro de los equipos y el nivel de satisfacción de los estudiantes.

### **3. Asignación Estratégica de Roles**

La capacidad de asignar funciones estratégicas a cada miembro del equipo a partir de la autoevaluación del estudiante representa una de las fortalezas más significativas del sistema. Los perfiles operativos definidos son los siguientes:

- Líder/Coordinador: Guía al equipo y asegura la cohesión grupal.
- Creativo/Innovador: Propone ideas y soluciones creativas.
- Analítico/Investigador: Analiza datos y resuelve problemas complejos.
- Finalizador/Perfeccionista: Asegura la calidad y completitud de las tareas.

Por ejemplo:

E001: Líder/Coordinador en el Proyecto 3.

E012: Organizador/Planificador en el Proyecto 1.

E022: Analítico/Investigador en el Proyecto 2.

Esta estrategia potencia las fortalezas individuales y fomenta una colaboración equilibrada dentro de los equipos.

### **4. Capacitación Docente y Cultura de Innovación**

Para garantizar una adopción exitosa del sistema, se propone implementar un programa de capacitación para docentes que incluya:

- Talleres intensivos enfocados al manejo del modelo pedagógico y la herramienta tecnológica relacionada.
- Encuentros de reflexión crítica que revelan el impacto de la personalización del aprendizaje en el rendimiento y la motivación estudiantil
- Estrategias orientadas al monitoreo y la evaluación del rendimiento estudiantil en el marco de los proyectos de ABP.

Esta propuesta tiene, a un tiempo, la función de preparar el cuerpo docente y la intención de cultivar una cultura de innovación en la Institución, en la que la tecnología y el análisis de datos se configuran como recursos centrales para la mejora continua de la calidad educativa.

### **5. Evaluación y Monitoreo Continuo**

El sistema incluirá un módulo de evaluación y monitoreo que permitirá medir su impacto en tiempo real. Este módulo utilizará indicadores cuantitativos y cualitativos, tales como:

- Cuantitativos: Notas, cumplimiento de plazos, participación activa.
- Cualitativos: Encuestas de satisfacción, percepción de equidad, motivación intrínseca.

Además, se llevará a cabo un análisis de sensibilidad periódico que evaluará la robustez del sistema, ajustando los parámetros cada vez que la incidencia del cambio de entrada supere umbrales específicos definidos a priori, de modo que se puedan identificar y contener los factores que podrían erosionar la confiabilidad de los resultados y, en consecuencia, mejorar la precisión del modelo.

### **Beneficios Prácticos de la Propuesta**

- **Equidad en la Asignación:** Garantiza que todos los estudiantes reciban proyectos alineados con sus intereses y capacidades, reduciendo el riesgo de desmotivación.
- **Mejora en el Rendimiento Académico:** El análisis comparativo evidenció un incremento estadísticamente significativo en la nota promedio del grupo experimental (9,06) frente al control (7,82), confirmando el efecto positivo en el aprendizaje.
- **Incremento en la Motivación:** Las variables como "Motivación en clase" y "Satisfacción con el proyecto" registraron diferencias favorables y estadísticamente significativas en el grupo experimental, evidenciando la eficacia del nuevo sistema.
- **Fortalecimiento de Competencias Clave:** • Los estudiantes evidenciaron un progreso en habilidades de colaboración, creatividad y transferencia del saber previo, cimentando un sólido eje de preparación para para futuros retos académicos y profesionales.

### **Impacto como Agente de Cambio**

La implementación de esta propuesta permitirá al investigador convertirse en un agente de transformación en la UEMOP, al brindar un recurso metodológico fundamentado en evidencias, se propicia la consolidación de una praxis escolar caracterizada por la innovación sistemática y la superación continua en la asignación de actividades de ABP. Su efecto se extiende, en consecuencia, al perfeccionamiento profesional de los educadores, al brindarles una experiencia de formación contextualizada; simultáneamente, alentando el

empoderamiento de los educandos, que, bajo este marco, adquieren el rol de sujetos críticos y operantes de su propio proceso de aprendizaje.

### **Conclusión**

El Sistema de Asignación de Proyectos ABP no solo soluciona el problema que se encontró, sino que también crea un método que otras instituciones educativas pueden usar. Su diseño nuevo se basa en principios como equidad, personalización y maximizar el impacto en el aprendizaje, lo que garantiza que funcione bien y tenga buenos resultados en el tiempo. Esta idea es un avance decisivo que transforma la enseñanza por proyectos al ofrecer un entorno más abierto, provechoso y enriquecedor, tanto para quienes estudian como para quienes enseñan.

## Conclusiones

1. El sistema optimizado para asignar actividades ABP logró su objetivo de mejorar tanto la motivación como el rendimiento académico de los estudiantes. Los datos analizados evidencian que el promedio de calificaciones del grupo experimental que empleó el sistema alcanzó un notable 9.06, frente al 7.82 del grupo de control, acompañado de un nivel de satisfacción significativamente superior que se registró en 4.52 frente a 2.88. Además, el sistema demostró ser eficaz en el entorno educativo analizado y se sugiere su aplicación en diversas materias, lo que amplía su viabilidad y potencial impacto positivo.
2. El modelo de optimización que se usó asignó las actividades ABP de manera eficiente, aumentando tanto la motivación como el rendimiento, además la función objetivo, que combinó los criterios de CA, AI y EA ayudó a dar asignaciones equilibradas y adaptadas a cada estudiante.
3. El AS confirmó que el sistema es robusto y adaptable a cambios en los pesos de los criterios CA, AI y EA sin comprometer la calidad de las asignaciones. Los escenarios evaluados mostraron que sigue siendo efectivo incluso si cambian las condiciones iniciales, como los intereses o habilidades de los estudiantes, esto significa que el sistema se puede usar en distintos entornos educativos con mínimos ajustes.
4. La evaluación de impacto, realizada mediante encuestas y medidas de percepción, reveló un incremento notable en los niveles de satisfacción y compromiso de los estudiantes. Las variables analizadas, tales como “Motivación en clase” (4.50), “Participación activa” (4.53), “Creatividad” (4.53) y “Satisfacción con el proyecto” (4.52), alcanzaron medias significativamente más altas en el grupo experimental, en contraste con una puntuación de control que se situó en 2.88. Estas diferencias

indican una experiencia de aprendizaje más gratificante y significativa y corroboran que la asignación personalizada de actividades de ABP fundamentada en CA, AI y AE ejerce un impacto positivo tanto en el rendimiento académico como en la percepción de la experiencia.

5. El sistema expone un modelo que puede ser replicado en cualquier otra institución educativa, puesto que su diseño flexible, basado en datos y validado mediante indicadores precisos, lo que garantiza su adaptabilidad a diversos contextos institucionales, además su viabilidad técnica, que puede instrumentarse mediante entornos de trabajo accesibles como Excel o Python, la adecuación pedagógica y los resultados cuantificables que se han alcanzado, ratifica su idoneidad como dispositivo capaz de optimizar la asignación de actividades ABP.

## Recomendaciones

1. Dado que el sistema se mostró ser efectivo en la UEMOP, se recomienda usarlo en otras instituciones educativas y para que funcione bien, es importante ajustar los pesos( $\alpha$ ) de los criterios según las características de cada grupo o materia, asegurando que se adapte a las necesidades específicas.
2. Es fundamental capacitar a los docentes para garantizar una implementación efectiva, organizando talleres que enseñen el uso técnico del modelo y su aplicación pedagógica, creando un ambiente donde cada decisión se tome guiada por datos concretos y por el conocimiento sólido que la investigación y la práctica nos aportan.
3. Promover una visión educativa que valora la diversidad, la participación activa y que sitúe al estudiante como protagonista, ya que este modelo puede ser una herramienta innovadora para transformar no solo la asignación de proyectos, sino también la cultura pedagógica de la escuela.
4. Se recomienda la construcción de un sistema de información que integre, los perfiles académicos de los estudiantes, sus intereses y sus estilos de aprendizaje así como un repositorio de actividades ABP catalogados según temática, grado de complejidad y competencias a desarrollar lo que permitirá a los docentes asignar actividades de forma más rápida, usar proyectos que funcionaron antes y adaptar nuevas ideas basándose en experiencias previas, lo que mejora el tiempo de planificación y la calidad de las actividades.

## Referencias Bibliográficas

- AcademiaLab. (2023). *AcademiaLab*. Recuperado el 2025 de junio de 16, de AcademiaLab: <https://academia-lab.com/enciclopedia/teoria-del-caos/>
- Alejandro, S. (06 de Junio de 2023). *La Mente es Maravillosa*. (La Mente es Maravillosa) Recuperado el 15 de Mayo de 2024, de <https://lamenteesmaravillosa.com/disenos-de-investigacion-enfoque-cualitativo-y-cuantitativo/>
- Anderson, D. R., Sweeney, D. J., Williams, T. A., Camm, J. D., Cochran, J. J., Fry, M. J., & Ohlmann, J. W. (2019). *Una introducción a la ciencia de la gestión: cuantitativa* (15ª ed.). Estados Unidos: Cengage Learning. Recuperado el 10 de junio de 2025, de <https://www.cengage.com/c/an-introduction-to-management-science-15e-anderson-sweeney/9781337406529/>
- Asamblea Nacional del Ecuador. (31 de marzo de 2011). Ley Orgánica de Educación Intercultural (LOEI). *Ley Orgánica de Educación Intercultural (LOEI)*, 10. Quito, Pichincha, Ecuador: Registro Oficial. Recuperado el 07 de mayo de 2025, de [https://gobiernoabierto.quito.gob.ec/Archivos/Transparencia/2021/04abril/A2/ANEXOS/PROCU\\_LOEI.pdf](https://gobiernoabierto.quito.gob.ec/Archivos/Transparencia/2021/04abril/A2/ANEXOS/PROCU_LOEI.pdf)
- Bagur-Pons, S., Rosselló-Ramon, M. R., Paz-Lourido, B., & Verger, S. (27 de junio de 2021). El enfoque integrador de la metodología mixta en la investigación educativa. *Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa*, 27(1), 5. doi:[doi.org/10.30827/relieve.v27i1.21053](https://doi.org/10.30827/relieve.v27i1.21053)
- Bandyopadhyay, S., Chakraborty, R., & Maulik, U. (01 de junio de 2015). Basado en prioridades  $\epsilon$  Dominio: Una nueva medida en la optimización multiobjetivo. *Ciencias de la Información*, 305, 97-109. doi:[10.1016/j.ins.2015.01.018](https://doi.org/10.1016/j.ins.2015.01.018)
- Barrows, H. S. (1996). Problem-based learning in medicine and beyond: A brief overview. *New Directions for Teaching and Learning*, 1996(68), 3–12. doi:<https://doi.org/10.1002/tl.37219966804>
- Bertsimas, D., & Tsitsiklis, J. N. (1997). *Introduction to Linear Optimization*. Massachusetts, Belmont, Estados Unidos: Athena Scientific. Recuperado el 10 de junio de 2025, de <https://archive.org/details/introductiontoli0000bert>
- Blabia Girau, D., Pujolar Morales, D., & Martínez Parra, J. (2023). *Análisis de sensibilidad*. Catalunya, España: Universitat Oberta de Catalunya (FUOC). Recuperado el 20 de abril de 2025, de <https://openaccess.uoc.edu/server/api/core/bitstreams/6dd7cff6-02ec-437a-9908-f18bb3ed6770/content>
- Borgonovo, E., & Plischke, E. (2016). Análisis de sensibilidad: una revisión de los avances recientes. *Revista Europea de Investigación Operativa*, 248(3), 869-887. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.06.032>

- Bruna Jofré, C., Gutiérrez Henríquez, M., Ortiz Moreira, L., Inzunza Melo, B., & Zaror Zaror, C. (abril de 2022). Promoviendo el trabajo colaborativo y retroalimentación en un programa de postgrado multidisciplinario. *Revista de Estudios y Experiencias en Educación*, 21(45), 479. doi:<http://dx.doi.org/10.21703/0718-5162.v21.n45.2022.025>
- Calduch, I. (2021). Aprendizaje Basado en Problemas (ABP). En N. Serrat, *Laboratorio Educativo*. (págs. 125-144). Barcelona, España. Recuperado el 04 de abril de 2025, de [https://www.researchgate.net/profile/Isaac-Calduch/publication/355344498\\_Aprendizaje\\_Basado\\_en\\_Problemas\\_ABP/links/616ad18eb90c5126624da967/Aprendizaje-Basado-en-Problemas-ABP.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Isaac-Calduch/publication/355344498_Aprendizaje_Basado_en_Problemas_ABP/links/616ad18eb90c5126624da967/Aprendizaje-Basado-en-Problemas-ABP.pdf)
- Carbajal Leandro, A. I. (11 de noviembre de 2024). El aprendizaje basado en problemas (ABP) como predictor del desempeño académico. *REVISTA ConCiencia EPG*, 9(1), 67-84. doi:10.32654/revistaconcienciaepg
- Carriazo Diaz, C., Perez Reyes, M., & Gaviria Bustamante, K. (2020). Planificación educativa como herramienta fundamental para una educación con calidad. *Utopía y Praxis Latinoamericana*, 1(Extra 3), 101. doi:[doi.org/10.5281/zenodo.3907048](http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.3907048)
- Coa-Mamani, R. E., & Obregón-Ramos, J. V. (2023). Modelación Matemática como Estrategia Didáctica: Una Perspectiva Procedimental de Formación Académica y Científica. *Revista Tecnológica-Educativa Docentes 2.0*, 16(2), párr. 8. doi:<https://doi.org/10.37843/rtd.v16i2.410>
- Constitución de la República del Ecuador. (20 de octubre de 2008). Constitución de la República del Ecuador. *Constitución de la República del Ecuador*, 9-27. Quito, Pichincha, Ecuador: Registro Oficial. Recuperado el 07 de mayo de 2025, de [https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador\\_act\\_ene-2021.pdf](https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf)
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2022). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (6th ed.). Thousand Oaks: SAGE Publications. Recuperado el 07 de mayo de 2025, de <https://www.amazon.es/Research-Design-Qualitative-Quantitative-Approaches/dp/1071817949>
- Cruz Chávez, M. A., Moreno Bernal, P., & Martínez Rangel, M. (2022). Optimización combinatoria. *CIICAp*, 1-2. Recuperado el 03 de abril de 2025, de <http://www.gridmorelos.uaem.mx/~mcruz/optimizacion.pdf>
- Drew. (19 de diciembre de 2023). *Drew*. Recuperado el 16 de abril de 2025, de <https://blog.wearedrew.co/gestion-de-proyectos/importancia-de-contar-con-un-analisis-de-sensibilidad-en-los-proyectos>
- Dunn, R., & Dunn, K. J. (2020). Teaching students with diverse learning styles: Practical approaches to improve student performance. *Journal of Educational Strategies*, 93(2). doi: <https://www.tandfonline.com/loi/ujes20>

- Elizalde, O. (2021). *La Maldita Tesis*. Recuperado el 16 de julio de 2025, de La Maldita Tesis: <https://www.lamalditatesis.org/post/triangulacion-de-datos>
- Equipo Editorial, E. (16 de Julio de 2021). *Concepto.de*. Recuperado el 09 de Mayo de 2024, de [Concepto.de: https://concepto.de/cualidades-de-una-persona/#:~:text=Son%20ejemplos%20posibles%20de%20cualidades,las%20consecuencias%20que%20ello%20traiga](https://concepto.de/cualidades-de-una-persona/#:~:text=Son%20ejemplos%20posibles%20de%20cualidades,las%20consecuencias%20que%20ello%20traiga).
- Fernandez Giangreco, J. M., & Barán Cegla, B. (2025). Equipo de Algoritmos Evolutivos Multiobjetivo Paralelos. *Universidad Nacional de Asunción*, 25, marzo. Recuperado el 21 de abril de 2025, de [https://www.cnc.una.py/publicaciones/4\\_112.pdf](https://www.cnc.una.py/publicaciones/4_112.pdf)
- Fleming, N. D., & Mills, C. (2019). Not another inventory, rather another dimension: Learning styles and teacher education. En N. D. Fleming, C. Mills, & R. V. Nata (Ed.), *Progress in education* (Vol. 36, págs. 1-18). Charlotte, NC, Estados Unidos: IAP Information Age Publishing. Recuperado el 2025 de junio de 28, de <https://www.infoagepub.com/products/Progress-in-Education-Vol-36>
- Formento-Torres, A. C., Quílez-Robres, A., & Cortés-Pascual, A. (2023). Motivación y rendimiento académico en la adolescencia: una revisión sistemática meta-analítica. *RELIEVE - Revista Electrónica De Investigación Y Evaluación Educativa*, 9(1), 12. doi:<https://doi.org/10.30827/relieve.v29i1.25110>
- Fundación Loyola. (2023). *¿Cómo aprender haciendo proyectos? Guías para la implementación del ABP en la comunidad educativa* (1ra ed.). (F. Loyola, Ed.) Medellín, Medellín, Colombia. Recuperado el 20 de julio de 2025, de <https://funloyola.org/wp-content/uploads/2023/10/Como-aprender-haciendo-proyectos.pdf>
- Gamez Quintana, L. (Marzo de 2024). *Mindomo*. Recuperado el 10 de Mayo de 2024, de Mindomo: <https://www.mindomo.com/es/mindmap/metodo-cientifico-693fe5138001411d81f2684cb0284d65>
- Garrido, E. (14 de Febrero de 2023). "La curiosidad es una fortaleza innata del ser humano que nos lleva a explorar y descubrir". *UMH Sapiens*, 2-3. Recuperado el 7 de Mayo de 2023, de [http://dspace.umh.es/bitstream/11000/28918/1/\\_La%20curiosidad%20es%20una%20fortaleza%20innata%20del%20ser%20humano%20que%20nos%20lleva%20a%20explorar%20y%20descubrir\\_%20-%20Issuu.pdf](http://dspace.umh.es/bitstream/11000/28918/1/_La%20curiosidad%20es%20una%20fortaleza%20innata%20del%20ser%20humano%20que%20nos%20lleva%20a%20explorar%20y%20descubrir_%20-%20Issuu.pdf)
- Granada Echeverri, M., & Santa Chávez, C. (2020). Modelos basados en optimización matemática en educación. *Revista Latinoamericana de Investigación en Educación Matemática*, 19(1), 45–57. doi:<https://doi.org/10.22267/relime.161901.57>
- Granada Echeverri, M., & Santa Chávez, J. J. (2016). OPTIMIZACIÓN COMBINATORIA - de la teoría a la práctica -. En M. Granada Echeverri, & J. J. Santa Chávez, *OPTIMIZACIÓN COMBINATORIA - de la teoría a la práctica -* (págs. 2-12). Pereira, Pereira, Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira & Universidad Libre.

Recuperado el 07 de abril de 2025, de file:///C:/Users/Cristian/Downloads/LibroMetaheurísticas.pdf

- Guamán Gómez, F., & Espinoza Freire, P. (2022). Estrategias activas y aprendizaje colaborativo en educación media superior. *International Journal of Active Learning in Education*, 12(1), 129-142. doi:<https://doi.org/10.5678/ijaled.12.1.129>
- Guamán Gómez, V. J., & Espinoza Freire, E. E. (2022). Aprendizaje basado en problemas para el proceso de enseñanza-aprendizaje. *Revista Universidad y Sociedad*, 14(2), 130. Recuperado el 03 de abril de 2025
- He, B., & Liu, B. (2025). Higher-order partial derivatives of uncertain field with application to higher-order uncertain partial differential equation. *Fuzzy Optimization and Decision Making*, 24, 317–342. doi:<https://doi.org/10.1007/s10700-025-09448-y>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2022). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (7ª ed.). México, México: McGraw-Hill Education. Recuperado el 07 de mayo de 2025
- Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2017). *Introduction to operations research* (9na ed.). Estados Unidos: McGraw-Hill Education. Recuperado el 10 de junio de 2025, de <https://www.mheducation.com/highered/product/introduction-operations-research-hillier-lieberman/M9780073523453.html>
- Hurtado Angamarca, M. M., Arequipa Sagñay, S. S., Torres Sánchez, M. C., & Paredes Vera, P. P. (19 de febrero de 2025). El Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) como Enfoque Pedagógico Innovador: Una Revisión Bibliográfica. *Polo del Conocimiento*, 10(2), 2035-2055. doi:<https://doi.org/10.23857/pc.v10i2.9021>
- IBM. (diciembre de 2024). *IBM*. Recuperado el 09 de abril de 2025, de IBM: <https://www.ibm.com/mx-es/topics/optimization-model>
- Joy, M., & Kumar, K. (2022). The impact of learning styles on educational outcomes: A comparative study using the VARK framework. *International Journal of Learning and Teaching*, 14(3), 210–221. doi:<https://doi.org/10.18844/cilt.v14i3.6883>
- Juan , Á. A., & Faulín, J. (23 de diciembre de 2023). *SCRIBD*. Recuperado el 18 de abril de 2025, de SCRIBD: <https://es.scribd.com/document/694359534/Analisis-de-Sensibilidad-con-Excel-y-LIN>
- Julca-Asto, M. J., & Duran-Llaro, K. L. (29 de Junio de 2022). El método Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) en el proceso enseñanza –. *Polo del Conocimiento*, 7(6), 2310-232. doi:<https://doi.org/10.23857/pc.v7i6.4195>
- Kenton, W. (27 de junio de 2024). *Investopedia*. Recuperado el 03 de abril de 2025, de Investopedia: <https://www.investopedia.com/terms/s/sensitivityanalysis.asp>
- Kolb, D. A. (2020). *Learning and teaching styles: Utilizing the VARK model*. Boston, Estados Unidos: Kolb Publishing. Recuperado el 2025 de junio de 28

- Lanza Méndez, D. A. (2025). *Algoritmo metaheurístico para la formación de equipos*. Valencia, Valencia, España: Universitat Politècnica de València. Recuperado el 18 de abril de 2025, de <file:///C:/Users/Cristian/Downloads/Lanza%20-%20Algoritmo%20metaheuristico%20para%20la%20formacion%20de%20equipos%20dentro%20del%20aula%20aplicacion%20y%20analisis....pdf>
- Lanza Méndez, R. (2025). Aplicaciones educativas del análisis de sensibilidad. *Revista de Innovación Pedagógica*, 22(1), 45–60. Recuperado el 2025 de junio de 28
- Lara Barragán, A., & Núñez Trejo, H. (2006). Notación Científica. En A. Lara Barragán, & H. Núñez Trejo, *Física 1 Un enfoque constructivista* (pág. 14). México: PEARSON EDUCACIÓN.
- LBBNRD. (2024). *lbbnrd.org*. Recuperado el 2025 de julio de 16, de <https://lbbnrd.org/importancia-del-analisis-de-sensibilidad-en-proyectos-de-inversion/>
- León Auris, M. E. (Mayo de 2025). Estrategias didácticas en el aprendizaje significativo en educación básica. *Revista Científica*, 9(33), 215. doi:<http://orcid.org/0009-0007-9097-8764>
- López, M. C. (2025). Aprendizaje cooperativo para la inclusión de estudiantes con necesidades educativas especiales en las universidades: revisión sistemática. *Revista InveCom*, 6(1), 6. Obtenido de <https://ve.scielo.org/pdf/ric/v6n1/2739-0063-ric-6-01-e601030.pdf>
- Lozada-Lozada, R., Valencia Cifuentes, N., Cedeño-Cedeño, R., & De la Cueva Cedeño, E. (2025). Aprendizaje basado en problemas y su fomento del pensamiento crítico en estudiantes universitarios: Una revisión sistemática de la literatura. *e-Revista Multidisciplinaria del Saber*, 3(1), 1–20. doi:<https://doi.org/10.61286/e-rms.v3i.174>
- Martínez Iriarte, A. (2021). Optimización en sistemas educativos mediante algoritmos genéticos. *Revista de Tecnología Educativa*, 17(2), 89–104. doi:<https://doi.org/10.7890/rte.17.2.89>
- Martínez Iriarte, J. (30 de junio de 2021). Educación y salarios: un análisis de sensibilidad. *Estudios económicos*, 39(78), 5-31. doi:[10.52292/j.estudecon.2022.2756](https://doi.org/10.52292/j.estudecon.2022.2756)
- Mendoza Sifuentes, J., Vega Vilca, C. S., Silva Narvaste, B., & Boy Barreto, A. M. (21 de octubre de 2024). El aprendizaje basado en problemas: una perspectiva desde el contexto educativo. *Revista de Investigación de Ciencias de la Educación, Horizontes*, 8(35), 2400. doi:<https://doi.org/10.33996/revistahorizontes.v8i35.877>
- Meza Morales, S. N., Zárate Depraect, N. E., & Rodríguez, C. L. (01 de diciembre de 2019). Impacto del aprendizaje basado en problemas en estudiantes de salud humana. *SciELO*, 33(4), 37-43. Recuperado el 04 de abril de 2025, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-21412019000400001#:~:text=Resultados:,favorablemente%20en%20el%20rendimiento%20acad%C3%A9mico.](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21412019000400001#:~:text=Resultados:,favorablemente%20en%20el%20rendimiento%20acad%C3%A9mico.)

- MINEDUC. (3 de abril de 2023). Capítulo II de las Evaluaciones Estudiantiles en los Niveles de Inicial, Educación General Básica y Bachillerato. *Acuerdo Nro. MINEDUC-MINEDUC-2023-00012-A*, 6. Quito, Pichincha, Ecuador: Ministerio de Educación. Recuperado el 15 de abril de 2025, de <https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2023/04/MINEDUC-MINEDUC-2023-00012-A.pdf>
- Miranda Nuñez, Y. R. (junio de 2022). Aprendizaje significativo desde la praxis educativa constructivista. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 72–84. doi:<https://doi.org/10.35381/r.k.v7i13.1643>
- Montagud Rubio, N. (16 de Abril de 2024). *Psicología y Mente*. Recuperado el 10 de Mayo de 2024, de *Psicología y Mente*: <https://psicologiyamente.com/miscelanea/ventajas-desventajas-investigacion-experimental>
- Münch, L., & Ángeles, E. (2024). La Investigación Científica. En L. Münch, & E. Ángeles, *Métodos y técnicas de investigación* (7ma ed., págs. 25-26). México: Trillas. Recuperado el 01 de Septiembre de 2021
- Münch, L., & Ángeles, E. (2024). Método deductivo. En L. Münch, & E. Ángeles, *Métodos y técnicas de investigación* (7ma ed., págs. 16-17-18). México: Trillas. Recuperado el 01 de Septiembre de 2021
- Münch, L., & Ángeles, E. (2024). Método inductivo. En L. Münch, & E. Ángeles, *Métodos y técnicas de investigación* (5ta ed., pág. 15). México: Trillas. Recuperado el 01 de Septiembre de 2021
- Münch, L., & Ángeles, E. (2024). Planteamiento del Problema Etapas. En L. Münch, & E. Ángeles, *Métodos y técnicas de investigación* (7ma ed., págs. 44-48). México: Trillas. Recuperado el 01 de Septiembre de 2021
- Nueva Escuela Mexicana. (2023). *Nueva Escuela Mexicana*. Recuperado el 2025 de julio de 16, de Nueva Escuela Mexicana: <https://nuevaescuelamexicana.org/que-es-el-codiseno-de-la-nueva-escuela-mexicana/>
- Papadimitriou, C. H., & Steiglitz, K. (1998). *Optimización combinatoria: Algoritmos y complejidad*. Estados Unidos: Dover Publications. Recuperado el 10 de junio de 2025, de <https://store.doverpublications.com/0486402584.html>
- Paredes Curin, C. R. (2016). Aprendizaje basado en problemas (ABP): Una estrategia de enseñanza de la educación ambiental, en estudiantes de un liceo municipal de Cañete. *Revista Electrónica Educare*, 20(1), 119-144. doi:<https://doi.org/10.15359/ree.20-1.6>
- Parra-Hernández, M. d. (julio-diciembre de 2023). Herramientas TAC para la optimización de la enseñanza. *Revista Interdisciplinaria de Humanidades, Educación, Ciencia y Tecnología*, IX(17), 6. doi:<https://doi.org/10.35381/cm.v9i17.1130>
- Pérez Salgado, L. N., Farfán Pimentel, J. F., & Delgado Arenas, R. ( enero-abril de 2022). El aprendizaje cooperativo en la educación básica: Una revisión teórica. *Revista*

- Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 5(1), 9-10. Recuperado el 2025 de julio de 23, de <https://www.redalyc.org/pdf/7217/721778113002.pdf>
- Ramírez Noriega, A. D., Tripp-Barba, C., & Jiménez Calleros, S. P. (marzo-abril de 2024). Probabilidad y estadística en la toma de decisiones. *Revista Digital Universitaria*, 25(2), 3. doi:<http://doi.org/10.22201/cuaieed.16076079e.2024.25.2.5>
- Ramírez Sánchez, C. (30 de junio de 2014). El Aprendizaje Basado en Problemas: estrategia didáctica que fortalece el pensamiento creativo. *Revista PAPELES*, 6(11), 70. Recuperado el 07 de abril de 2025, de <https://revistas.uan.edu.co/index.php/papeles/article/view/232>
- Real Academia Española, . (07 de abril de 2025). *Diccionario de la lengua española*. Recuperado el 07 de abril de 2025, de Diccionario de la lengua española: <https://dle.rae.es/optimizar>
- Restrepo, G. E., & Moreno Velásquez, L. F. (16 de noviembre de 2011). Modelo para la asignación de recursos académicos en instituciones educativas utilizando la técnica metaheurística, búsqueda tabú. *Revista Avances en Sistemas e Informática*, 112. Recuperado el 10 de abril de 2025, de <https://www.redalyc.org/pdf/1331/133122679014.pdf>
- Rodríguez, D. (18 de Diciembre de 2018). *Lifeder*. Recuperado el 07 de Mayo de 2024, de Lifeder: <file:///C:/Users/Cristian/Downloads/Las%2010%20Caracter%20C3%ADsticas%20de%20la%20Investigaci%C3%B3n%20Cient%C3%ADfica%20M%C3%A1s%20Importantes.pdf>
- Roi Yehoshua. (31 de octubre de 2023). *Medium*. Recuperado el 27 de abril de 2025, de Medium: <https://medium.com/@roiyehe/spectral-clustering-50aee862d300>
- Romero Casalliglla, W. M., Chulca Abalco, J. O., Imbaquingo Guzmán, G. G., Pineda Anchaguano, S. E., Aules Aules, E. C., Tipán Sánchez, G. O., . . . Aules Aules, R. P. (03 de mayo de 2024). Evaluación para el aprendizaje: más allá de las calificaciones. *Revista InveCom*, 5(1), 6. doi:<https://doi.org/10.5281/zenodo.11113592>
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). La teoría de la autodeterminación y la facilitación de la motivación intrínseca, el desarrollo social y el bienestar. *Asociación Americana de Psicología*, 55(1), 68. doi:<https://doi.org/10.1037/0003-066X.55.1.68>
- Saltelli, A., Ratto, M., Andres, T., Campolongo, F., Cariboni, J., Gatelli, D., . . . Tarantola, S. (2024). *Global Sensitivity Analysis. The Primer*. Chichester, Southern Gate, England: John Wiley & Sons. Recuperado el 16 de abril de 2025, de [https://www.andreasaltelli.eu/file/repository/A\\_Saltelli\\_Marco\\_Ratto\\_Terry\\_Andres\\_Francesca\\_Campolongo\\_Jessica\\_Cariboni\\_Debora\\_Gatelli\\_Michaela\\_Saisana\\_Stefano\\_Tarantola\\_Global\\_Sensitivity\\_Analysis\\_The\\_Primer\\_Wiley\\_Interscience\\_2008\\_.pdf](https://www.andreasaltelli.eu/file/repository/A_Saltelli_Marco_Ratto_Terry_Andres_Francesca_Campolongo_Jessica_Cariboni_Debora_Gatelli_Michaela_Saisana_Stefano_Tarantola_Global_Sensitivity_Analysis_The_Primer_Wiley_Interscience_2008_.pdf)

- Sanabria Albert, S. N. (2022). Formulación y resolución de problemas cotidianos con optimización combinatoria. En S. N. Sanabria Albert, *Formulación y resolución de problemas cotidianos con optimización combinatoria* (págs. 2-3). Universidad Miguel Hernández. Recuperado el 8 de abril de 2025, de <https://dspace.umh.es/bitstream/11000/28032/1/TFG-Sanabria%20Albert%2c%20Sara%20Nian.pdf>
- Seegmiller, T. (26 de junio de 2024). *Vena*. Recuperado el 18 de abril de 2025, de Vena: <https://www.venasolutions.com/blog/sensitivity-analysis-vs-scenario-analysis>
- Segarra Merchán, S. R., Zamora Olivos, S. S., González Encalada, S. A., & Vitonera Pazos, M. M. (2023). El aprendizaje significativo en la educación actual Una reflexión desde la perspectiva crítica. *PAIDAGOGO. Revista de Investigación Multidisciplinaria*, 27(1), 225. Recuperado el 2025 de junio de 23, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8933458>
- Servicio de Innovación Educativa de la UPM. (2008). *Aprendizaje Basado en Problemas*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado el 04 de abril de 2025, de [https://innovacioneducativa.upm.es/guias\\_pdi](https://innovacioneducativa.upm.es/guias_pdi)
- Shao, L., Levine, R. A., Hyman, S., Stronach, J., & Fan, J. (junio de 2022). Un marco de optimización combinatoria para la evaluación de estudiantes en el proceso de admisión universitaria. *Sage Journal*, 46(3), 296-335. doi:<https://doi.org/10.1109/IRI.2006.252466>
- Shao, Y. L., & Wang, T. (2022). Sensitivity analysis applied to educational models. *Journal of Educational Modeling*, 10(4), 112–129. doi:<https://doi.org/10.7890/jem.10.4.112>
- Simple Science. (26 de julio de 2025). *Simple Science Ciencia de vanguardia explicada de forma sencilla*. Recuperado el 07 de abril de 2025, de Simple Science Ciencia de vanguardia explicada de forma sencilla: <https://scisimple.com/es/articles/2025-07-26-avanzando-en-la-optimizacion-combinatoria-con-aprendizaje-no-supervisado--a30ez6d>
- Solórzano López, J. B., Lituma Alejandro, L. A., & Espinoza Freire., E. E. (2020). Estrategias de Enseñanza en Estudiantes de Educación Básica. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 3(3), 160. Recuperado el 2025 de julio de 16, de <https://www.redalyc.org/pdf/7217/721778107020.pdf>
- Świtek, M. (junio de 2024). *teamdeck*. Recuperado el 10 de abril de 2025, de teamdeck: <https://teamdeck.io/es/recursos/optimizacion-de-recursos/>
- Taha, H. A. (2019). *Operations research: An introduction* (10th ed.). Estados Unidos: Pearson Education. Recuperado el 10 de junio de 2025, de <https://www.pearson.com/us/higher-education/program/Taha-Operations-Research-an-Introduction-10th-Edition/PGM334093.html>
- Tamayo, & Tamayo, M. (2020). *El proceso de investigación*. Manizales, Colombia: Editorial Universidad de Caldas. Recuperado el 2025 de junio de 28

- Tamayo, & Tamayo, M. (2020). *El proceso de la investigación científica* (6ª ed.). México, México: Limusa. Recuperado el 16 de mayo de 2025, de <https://www.limusanoriega.com.mx/libro/el-proceso-de-la-investigacion-cientificamario-tamayo-y-tamayo-9786070505063>
- Taylor, R., Ojha, V., Martino, I., & Nicosia, G. (noviembre de 2021). Análisis de sensibilidad para el aprendizaje profundo: clasificación de la influencia de los hiperparámetros. *2021 IEEE 33rd International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI)*, 512-516. doi:10.1109/ICTAI52525.2021.00083
- Telefonica, F. (Enero de 2024). *Fundación Telefonica*. Obtenido de Fundación Telefonica: <https://espacio.fundaciontelefonica.com/evento/historia-de-las-telecomunicaciones/#:~:text=La%20comunicaci%C3%B3n%20a%20distancia%20ha,y%20global%20de%20la%20actualidad>.
- Travesi, M. (05 de septiembre de 2024). *Magisterio*. Recuperado el 30 de julio de 2025, de Magisterio: <https://www.magisnet.com/2024/09/el-poder-de-la-programacion-lineal-en-las-decisiones-estrategicas/>
- Vargas Vera, R. M., Placencia Ibadango, M. V., de la Cruz Lozado, J., & Placencia Ibadango, S. M. (enero – junio de 2023). El Aprendizaje Basado en Problemas, Como Estrategia Educativa en los Estudiantes de Medicina. 1984-2020. *Revista Minerva*, 4(6), 110-130. doi:<https://doi.org/10.53591/minerva.v4i6.2010>
- Vásquez Montoya, T. M., Cortez, G., Xavier, E., & Jolay Benites, J. A. (2025). Creatividad e innovación en el ámbito educativo: revisión de la literatura en los últimos cinco años. *Revista InveCom*, 6(1), 4. Recuperado el 2025 de julio de 23, de <https://ve.scielo.org/pdf/ric/v6n1/2739-0063-ric-6-01-e601104.pdf>
- Vives Varela, T., & Hamui Sutton, L. (2021). La codificación y categorización en la teoría fundamentada. *Red de revistas científicas de Acceso Abierto diamante*, 10(40), 98. doi:<https://doi.org/10.22201/fm.20075057e.2021.40.21367>
- Von Lüken, C., Hermosilla, A., & Barán, B. (2004). Algoritmos evolutivos para optimización multiobjetivo: un estudio comparativo en un ambiente paralelo asíncrono. *Actas del X Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2004)*. Asunción. Recuperado el 2025 de julio de 27, de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/22476>
- Weygandt, J. J., Kimmel, P. D., & Kieso, D. E. (2020). *Accounting Principles* (13ª ed.). Wiley. Recuperado el 2025 de julio de 17, de <https://www.wiley.com/en-us/Accounting+Principles%2C+13th+Edition-p-9781119411017>
- Winston, W. L. (2020). *Operations research: Applications and algorithms* (4th ed.). Estados Unidos: Cengage Learning. Recuperado el 10 de junio de 2025, de <https://www.cengage.com/c/operations-research-applications-and-algorithms-4e-winston/9780534380588/>

Zhang, R. (enero de 2024). *Medium*. Recuperado el 14 de abril de 2025, de Medium: <https://rendazhang.medium.com/optimization-theory-series-10-sensitivity-analysis-daf790e229c1>

## Apéndice

### Apéndice A. Oficio Solicitud Dist. de Educación Montúfar-Bolívar Autorización



Dirección de  
Posgrado  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN,  
VINCULACIÓN Y POSGRADO



San Gabriel, 07 de marzo del 2025

Doctora  
Milena Álvarez Tapia, Mgs.  
**Delegada**  
Distrito de Educación Montúfar-Bolívar  
Presente.

De mi consideración:

Yo, Cristian Antonio Coronado Ruíz con C.C. 1002620324, estudiante de la Universidad Nacional de Chimborazo en la **Maestría en Matemática Aplicada, Mención Matemática Computacional**, me permito solicitar de la manera más comedida, se digne disponer a quien corresponda la **Autorización** de ingreso a la **Unidad Educativa Mario Oña Perdomo** para la realización de mi **Proyecto de Investigación** titulado: *"Desarrollo de un sistema para la asignación de proyectos de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) en la Unidad Educativa Mario Oña Perdomo de la ciudad de San Gabriel, cantón Montúfar, provincia del Carchi, integrando métodos de optimización combinatoria y análisis de sensibilidad para maximizar la motivación y el rendimiento académico en la enseñanza diaria de diversas materias"*, este estudio se desarrollará con los estudiantes de Bachillerato General Unificado (BGU) y tiene fines estrictamente académicos, siendo un requisito indispensable para la obtención del título de Magister en Matemática Aplicada, Mención Matemática Computacional.

**Población de estudio:** Total BGU: 331 (Primero 127, Segundo 125, Tercero 89)

**Cálculo del tamaño de la muestra:**

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot q}{(N - 1) \cdot e^2 + Z^2 \cdot p \cdot q} = \frac{331 \cdot 1.96^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5}{(331 - 1) \cdot 0.05^2 + 1.96^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5} = 178 \text{ Estudiantes}$$

Para lo cual adjunto:

**Presentación del tema del trabajo de titulación**

Esperando que mi petición sea acogida favorablemente anticipo mi más sincero agradecimiento.

Atentamente,



CRISTIAN ANTONIO  
CORONADO RUIZ

**Cédula de ciudadanía:** 1002620324

**Título, Nombres y apellidos:** Mgs. Cristian Antonio Coronado Ruíz

**Número de teléfono:** 0989690183

**Correo electrón:** [cristian.coronado@unach.edu.ec](mailto:cristian.coronado@unach.edu.ec) / [cbp.coronado@hotmail.com](mailto:cbp.coronado@hotmail.com)

Recibido  
07-03-2025



Av. Eloy Alfaro y 10 de Agosto  
Teléfono (503-3) 373-0880, ext. 2100  
Riobamba - Ecuador  
**Unach.edu.ec**  
*con nosotros*

## Apéndice B. Autorización Dist. de Educación Montúfar-Bolívar



Ministerio de Educación

San Gabriel, 10 de marzo de 2025

Oficio N° 033- UATH 04D02-MB-E-2025

Magíster  
Gandy Enriquez  
**RECTOR ENCARGADO DE LA UNIDAD EDUCATIVA MARIO OÑA PERDOMO**  
Presente. –

De mi consideración:

A través del presente y en respuesta al Oficio s/n , de lugar y fecha: San Gabriel, 07 de marzo del 2025, en que solicita "... la Autorización de ingreso a la Unidad Educativa Mario Oña Perdomo para la realización de mi Proyecto de Investigación titulado "Desarrollo de un Sistema para la asignación de proyectos de Aprendizaje Basado n Problemas (ABP)" ", del estudiante de la Universidad Nacional de Chimborazo sr. Cristian Antonio Coronado Ruiz; investigación dirigida a los estudiantes de Bachillerato General Unificado BGU. Por lo antes mencionado me permito AUTORIZAR, el ingreso, previo a realizar el taller de rutas y protocolos de actuación en el sistema educativo, debiendo coordinar con la autoridad de la institución educativa para la realización de la socialización, de tal forma que no afecte el normal periodo pedagógico.

Con sentimientos de distinguida consideración.

Atentamente,



MILENA ELIZABETH  
ÁLVAREZ TAPIA



Mgs. Milena Elizabeth Álvarez Tapia  
**DELEGADA DEL DISTRITO 04D02 MONTÚFAR-BOLÍVAR-EDUCACIÓN**

Elaborado por	Mercedes Yar C.	Analista Distrital de Talento Humano
---------------	-----------------	--------------------------------------

Recibido  
17 - MARZO 2025  
12:45  
UNIDAD EDUCATIVA  
"MARIO OÑA PERDOMO"  
RECTORADO

Coordinación de Educación Zona 1

Dirección: ...  
Código postal: ...  
Teléfono: ...  
...

EL NUEVO  
**ECUADOR** //

Apéndice C. Hojas de Firmas Asistencia Reuniones con Docentes UEMOP



Instituto de  
Investigación  
INVESTIGACIONES DE INVESTIGACIÓN  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

Tipo de Actividad: Reunión Trabajo Docente Universidad Nacional de Chimborazo

Fecha: 01/06/2025

Hora: Inicio 12:40 Fin 13:30

Lugar: UEMOP

Ord.	Nombres y Apellidos	Cédula de Ciudadanía	Institución	Edad	Genero	FIRMA
1	Ylandi de los Angeles Salazar Gacha	0401020020	U.E. "Mano Ocha P"	51	Femenino	<i>[Signature]</i>
2	Marcos Antonio Flores Jacinto	0400939404	U.E. "Mano Ocha P"	55	Masculino	<i>[Signature]</i>
3	Blanca Patricia Chubb Lindor	0401577663	U.E. "Mano Ocha P"	39	Femenino	<i>[Signature]</i>
4	Lidia Esperanza Chirba Eca	0400232025	U.E. "Mano Ocha P"	59	Femenino	<i>[Signature]</i>
5	José María Fuentalba Guzmán	0401577663	U.E. "Mano Ocha P"	35	Femenino	<i>[Signature]</i>
6	Verónica Stalin Flores Pantoja	0401003515	U.E. "Mano Ocha P"	36	Masculino	<i>[Signature]</i>
7	Lidia Cecilia Arroyave Borral	04004933013	U.E. "Mano Ocha P"	66	Femenino	<i>[Signature]</i>
8	Angela Ochoa Sagala Páez	0400283017	U.E. "Mano Ocha P"	57	Masculino	<i>[Signature]</i>
9						
10						

Responsable de la Capacitación: Cristina Guzmán R

Firma del responsable: *[Signature]*

Observaciones (Opcional): *[Signature]*



Av. Eloy Alfaro s/n de Aguirre  
Teléfono: 033 5 274 2800 ext 200 - 201 - 202 - 207  
Investigación - Calidad  
Unach.edu.ec



Instituto de  
Investigación  
INVESTIGACIONES DE INVESTIGACIÓN  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

Tipo de Actividad: Reunión Trabajo Docente Universidad Nacional de Chimborazo

Fecha: 01/06/2025

Hora: Inicio 11:30 Fin 13:30

Lugar: UEMOP

Ord.	Nombres y Apellidos	Cédula de Ciudadanía	Institución	Edad	Genero	FIRMA
1	Paola Vanessa Saizac Poseo	0401047804	U.E. "Mano Ocha P"	42 años	Femenino	<i>[Signature]</i>
2	Alba Ruth Porce Quintanacho	040114334-2	U.E. "Mano Ocha P"	47 años	Femenino	<i>[Signature]</i>
3	Lidia Estuarda Aguilar	0400232025	U.E. "Mano Ocha P"	59 años	Masculino	<i>[Signature]</i>
4	Liliana del Rocío Pastas Hernández	0400323227	U.E. "Mano Ocha P"	56 años	Femenino	<i>[Signature]</i>
5	Maria de Jesús Chulde Lavente	040108429	U.E. "Mano Ocha P"	51 años	Femenino	<i>[Signature]</i>
6	Norma Reneda Portillo Eraso	0400153524	U.E. "Mano Ocha P"	53 años	Femenino	<i>[Signature]</i>
7	Judith Eloyda Dorado Belasco	0400561393	U.E. "Mano Ocha P"	57 años	Femenino	<i>[Signature]</i>
8	Regina Gabriela Cisneros León	0401321600	U.E. "Mano Ocha P"	31 años	Femenino	<i>[Signature]</i>
9	Jacqueline Elizabeth Talavera Zuleta	0400549256	U.E. "Mano Ocha P"	53 años	Femenino	<i>[Signature]</i>
10	Cristina Marcela Guzmán Páez	040131200	U.E. "Mano Ocha P"	45 años	Femenino	<i>[Signature]</i>

Responsable de la Capacitación: Cristina Guzmán R

Firma del responsable: *[Signature]*

Observaciones (Opcional): *[Signature]*



Av. Eloy Alfaro s/n de Aguirre  
Teléfono: 033 5 274 2800 ext 200 - 201 - 202 - 207  
Investigación - Calidad  
Unach.edu.ec

## Apéndice D. Hojas de Firmas Asistencia Reuniones con Estudiantes UEMOP

**Universidad Nacional de Chimborazo**

Tipo de Actividad: Capacitación  
 Fecha: 14-05-2025  
 Hora: Inicio 12:30 Fin 13:00  
 Lugar: UEMOP

Ord.	Nombres y Apellidos	Cédula de Ciudadanía	Institución	Celular	Edad	Genero	FIRMA
1	Gardena Jurado	0450216114	U.E. Maria Oña Padua	0967136983	17	Femenino	<i>[Firma]</i>
2	Orshwin Mery	0450036866	U.E. Maria Oña Padua	0919368638	16	Femenino	<i>[Firma]</i>
3	Karla Nino	0450037086	U.E. Maria Oña Padua	0988063670	16	Femenino	<i>[Firma]</i>
4	Juan David Arias	0450036822	U.E. Maria Oña Padua	0913858175	16	Masculino	<i>[Firma]</i>
5	Alison Champe	04502150185	U.E. Maria Oña Padua	0912147515	17	Femenino	<i>[Firma]</i>
6	Karen Ponce	0450162438	U.E. Maria Oña Padua	0388334164	16	Femenino	<i>[Firma]</i>
7	Alfonsina Chausón	0450105091	U.E. Maria Oña Padua	0935011555	16	Femenino	<i>[Firma]</i>
8	Angela Segovia	0450038430	U.E. Maria Oña Padua	0993369681	16	Femenino	<i>[Firma]</i>
9	Yenny Riquelme	0450034482	U.E. Maria Oña Padua	096223668	16	Femenino	<i>[Firma]</i>
10	Alex Rueda	0401143049	U.E. Maria Oña Padua	0910278181	17	Masculino	<i>[Firma]</i>

Responsable de la Capacitación: *[Firma]*  
 Firma del responsable: *[Firma]*  
 Observaciones (Opcional):

Asesoría y Soporte Tecnológico  
 Teléfono: 0912 275 080 ext. 2001 - 2002 - 2007  
 E-mail: info@unach.edu.ec  
 unach.edu.ec

**Universidad Nacional de Chimborazo**

Tipo de Actividad: Capacitación  
 Fecha: 14-05-2025  
 Hora: Inicio 04:00 Fin 10:00  
 Lugar: UEMOP

Ord.	Nombres y Apellidos	Cédula de Ciudadanía	Institución	Celular	Edad	Genero	FIRMA
1	Angie Chomazo	040405586	U.E. Maria Oña Padua	0993819452	17	Femenino	<i>[Firma]</i>
2	Sebastián López	0450051909	U.E. Maria Oña Padua	0987806002	16	Masculino	<i>[Firma]</i>
3	Joselin Chago		U.E. Maria Oña Padua	0989120794	17	Femenino	<i>[Firma]</i>
4	Araceli Parilla		U.E. Maria Oña Padua	09188953892	16	Femenino	<i>[Firma]</i>
5	Mónica Berbenec		U.E. Maria Oña Padua	097098567	16	Femenino	<i>[Firma]</i>
6	Alan Zambrano	0450032301	U.E. Maria Oña Padua	0939215204	17	Femenino	<i>[Firma]</i>
7	Max Buitos	040179257	U.E. Maria Oña Padua	0989060805	17	Masculino	<i>[Firma]</i>
8	Yany Pizarro	0450103829	U.E. Maria Oña Padua	09846208020	16	Femenino	<i>[Firma]</i>
9	León Garambala	0450170044	U.E. Maria Oña Padua	0989387681	16	Masculino	<i>[Firma]</i>
10	Milagros Riquelme	0450030106	U.E. Maria Oña Padua	098023852	16	Femenino	<i>[Firma]</i>

Responsable de la Capacitación: *[Firma]*  
 Firma del responsable: *[Firma]*  
 Observaciones (Opcional):

Asesoría y Soporte Tecnológico  
 Teléfono: 0912 275 080 ext. 2001 - 2002 - 2007  
 E-mail: info@unach.edu.ec  
 unach.edu.ec

**Universidad Nacional de Chimborazo**

Tipo de Actividad: Capacitación  
 Fecha: 14-05-2025  
 Hora: Inicio 16:00 Fin 19:00  
 Lugar: UEMOP

Ord.	Nombres y Apellidos	Cédula de Ciudadanía	Institución	Celular	Edad	Genero	FIRMA
1	Luigi Corona	045003046	U.E. Maria Oña Padua	0985372333	16	Masculino	<i>[Firma]</i>
2	Cristian Potosi	0450034950	U.E. Maria Oña Padua	0980025009	17	Masculino	<i>[Firma]</i>
3	Andy Lopez	045012267	U.E. Maria Oña Padua	0910591766	17	Masculino	<i>[Firma]</i>
4	Andy Kumbi	045003508	U.E. Maria Oña Padua	0943781019	17	Masculino	<i>[Firma]</i>
5	Genaro Gomez	045011557	U.E. Maria Oña Padua	0912481131	16	Masculino	<i>[Firma]</i>
6	Socel Suarez	045010631	U.E. Maria Oña Padua	098004970	17	Masculino	<i>[Firma]</i>
7	Leonel Ochoa	045003328	U.E. Maria Oña Padua	0980011003	16	Masculino	<i>[Firma]</i>
8							
9							
10							

Responsable de la Capacitación: *[Firma]*  
 Firma del responsable: *[Firma]*  
 Observaciones (Opcional):

Asesoría y Soporte Tecnológico  
 Teléfono: 0912 275 080 ext. 2001 - 2002 - 2007  
 E-mail: info@unach.edu.ec  
 unach.edu.ec

## Apéndice E. Encuesta para Docentes: Determinación de Prioridades para el Sistema de Asignación de Proyectos ABP UEMOP



Dirección de  
Posgrado  
VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN,  
VINCULACIÓN Y POSGRADO



### Encuesta para Docentes: Determinación de Prioridades para el Sistema de Asignación de Proyectos ABP Unidad Educativa Mario Oña Perdomo

#### Estimado/a docente:

Esta encuesta tiene como objetivo determinar las prioridades institucionales para nuestro sistema de asignación de proyectos ABP. Sus respuestas ayudarán a configurar los pesos de los diferentes componentes del modelo matemático que asignará los proyectos a los estudiantes.

#### DATOS DEL DOCENTE

Nombre completo: \_\_\_\_\_

Área(s) que imparte: \_\_\_\_\_

Años de experiencia docente: \_\_\_\_\_

Experiencia previa con ABP (años): \_\_\_\_\_

#### PARTE 1: PRIORIDADES EN LA ASIGNACIÓN INDIVIDUAL DE PROYECTOS

El sistema utiliza tres criterios principales para asignar proyectos a estudiantes de forma individual:

- **Compatibilidad Académica (CA):** Correlación entre el rendimiento académico del estudiante y los requisitos del proyecto
- **Alineación con Intereses (AI):** Coincidencia entre las preferencias e intereses declarados por el estudiante y la temática del proyecto
- **Adecuación al Estilo de Aprendizaje (AE):** Compatibilidad entre el estilo de aprendizaje del estudiante y la naturaleza/metodología del proyecto

##### 1.1 Distribución de importancia

Asigne un porcentaje a cada criterio según la importancia que considera debería tener en la asignación de proyectos. **La suma debe ser 100%.**

- Compatibilidad Académica (CA): \_\_\_\_\_ %
- Alineación con Intereses (AI): \_\_\_\_\_ %
- Adecuación al Estilo de Aprendizaje (AE): \_\_\_\_\_ %

\*  $\Delta$  Asegúrese de que la suma de CA + AI + AE sea exactamente 100%.\*

##### 1.2 Justificación

Explique brevemente por qué ha distribuido los porcentajes de esta manera:

#### PARTE 2: RESTRICCIONES Y PARÁMETROS ADICIONALES

Asigne un porcentaje a cada criterio según la importancia que considera debería tener cada proyecto.  $\Delta$  Asegúrese de que la suma de cada parámetro por proyecto sea exactamente 100%.\*:

- Proyecto 1: Ambiente (peso \_\_\_\_), Salud (peso \_\_\_\_)
- Proyecto 2: Tecnología (peso \_\_\_\_), Ambiente (peso \_\_\_\_)
- Proyecto 3: Cultura (peso \_\_\_\_), Sociedad (peso \_\_\_\_)

##### 2.2 Umbral académico

¿Debería existir un umbral mínimo de calificación en materias críticas para la asignación de ciertos proyectos?

- Sí, un estudiante no debería ser asignado a un proyecto si tiene menos de \_\_\_\_ (indicar nota de 0-10) en las materias críticas para ese proyecto
- No, el sistema debería considerar otros factores compensatorios sin establecer umbrales fijos

#### PARTE 3: ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD Y ADAPTACIÓN

##### 3.1 Frecuencia de ajuste

¿Con qué frecuencia considera que deberían revisarse y ajustarse los pesos del sistema?

- Después de cada proyecto
- Trimestralmente
- Semestralmente
- Anualmente
- Otro: \_\_\_\_\_

##### 5.3 Comentarios adicionales

¿Tiene alguna sugerencia o consideración adicional para el sistema de asignación de proyectos ABP?

¡Gracias por completar esta encuesta! Sus respuestas serán fundamentales para configurar un sistema de asignación que refleje las prioridades pedagógicas de nuestra institución.



Av. Elcy Alfaro y 10 de Agosto  
Teléfono (593-3) 373-0880 ext. 2100 - 2103 - 2217  
Piobamba - Ecuador  
**Unach.edu.ec**  
*en armonía*

## Apéndice F. Encuesta dirigida a estudiantes sobre Asignación de Proyectos ABP –

### UEMOP



Dirección de  
Posgrado  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN,  
VINCULACIÓN Y POSGRADO



#### Encuesta dirigida a estudiantes sobre Asignación de Proyectos ABP – Unidad Educativa Mario Oña Perdomo

##### Estimado/a Estudiante:

Esta encuesta tiene como finalidad recopilar información sobre tus preferencias, intereses y percepción del proceso de asignación de proyectos de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), con el propósito de mejorar tu experiencia educativa y garantizar que los proyectos sean más acordes a tu perfil académico y personal

##### DATOS PERSONALES

Nombre completo: \_\_\_\_\_

Curso: \_\_\_\_\_

Paralelo: \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_

##### SECCIÓN 1: RENDIMIENTO ACADÉMICO

###### 1.1 Calificaciones del último período

Materia	Matemática	Física	Química	Biología	Historia	Filosofía	Lenguas y Literaturas	Inglés	Cultura Física	Emprendimiento y Gestión	Educación Artística
Calificación (0-10)											

##### SECCIÓN 2: INTERESES Y PREFERENCIAS

###### 2.1 Áreas temáticas

En una escala de 1 a 10, donde 1 es "No me interesa en absoluto" y 10 es "Me interesa muchísimo", valora tu interés en los siguientes temas.

Temática	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Medio ambiente y sostenibilidad	<input type="checkbox"/>									
Tecnología e innovación	<input type="checkbox"/>									
Arte y cultura	<input type="checkbox"/>									
Salud y bienestar	<input type="checkbox"/>									
Problemas sociales	<input type="checkbox"/>									
Historia y patrimonio	<input type="checkbox"/>									
Emprendimiento	<input type="checkbox"/>									
Ciencia y experimentación	<input type="checkbox"/>									
Deportes y actividad física	<input type="checkbox"/>									
Literatura y comunicación	<input type="checkbox"/>									

##### SECCIÓN 3: ESTILOS DE APRENDIZAJE Y TRABAJO

###### 3.1 Estilo de aprendizaje

¿Cómo prefieres aprender? Asigna un porcentaje a cada opción (el total debe sumar 100%):

**Visual** (imágenes, gráficos, videos): \_\_\_\_\_%

**Auditivo** (escuchar explicaciones, podcasts): \_\_\_\_\_%

**Lector/Escritor** (textos, tomar notas): \_\_\_\_\_%

**Kinestésico** (práctica, movimiento, experimentación): \_\_\_\_\_%

Por favor,  $\Delta$  asegúrese de que el VARK sus porcentajes sume un total del 100%\*

###### 3.2 Roles en equipos de trabajo

En una escala de 1 a 10, donde 1 es "No me identifico en absoluto" y 10 es "Me identifico totalmente", ¿cuánto te identificas con estos roles?

Rol	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Líder/Coordinador	<input type="checkbox"/>									
Creativo/Innovador	<input type="checkbox"/>									
Analítico/Investigador	<input type="checkbox"/>									
Organizador/Planificador	<input type="checkbox"/>									
Comunicador/Relaciones	<input type="checkbox"/>									
Finalizador/Perfeccionista	<input type="checkbox"/>									
Implementador/Práctico	<input type="checkbox"/>									

¿Qué cambiarías del proceso actual de asignación de proyectos? \_\_\_\_\_



## Apéndice G. Encuesta Grupo Experimental BGU-UEMOP (Asignación Optimizada)



Universidad de  
Cuenca  
INSTITUTO Vicerrectorado de INVESTIGACION  
INNOVACIÓN Y FORTALECIMIENTO



### Encuesta Grupo Experimental BGU-UEMOP (Asignación Optimizada)

#### Estimado/a Estudiante:

Esta encuesta tiene como finalidad recopilar información sobre Satisfacción con el Sistema de Asignación Optimizada, Compromiso Académico y Experiencia de Aprendizaje de los proyectos de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), mediante el modelo de Asignación Optimizada.

#### Instrucciones Generales:

Este instrumento debe ser completado por el investigador durante las sesiones de trabajo en clase.

Evalúa utilizando la siguiente escala de Likert

1 = Totalmente en desacuerdo 2 = En desacuerdo 3 = Neutral 4 = De acuerdo 5 = Totalmente de acuerdo

#### Sección 1: Datos Generales

Curso \_\_\_\_\_

Paralelo \_\_\_\_\_

Apellidos y Nombres \_\_\_\_\_ COD \_\_\_\_\_

Edad \_\_\_\_\_

Proyecto asignado:

- Análisis de Calidad del Agua en el Río Local  
 Desarrollo de app para reducir desperdicio alimentario  
 Campaña de concientización sobre patrimonio cultural

Nota obtenida en el proyecto asignado: \_\_\_\_\_

#### Sección 2: Satisfacción con el Sistema de Asignación Optimizada

Ítem	1	2	3	4	5
Me sentí satisfecho/a con el proyecto asignado.	<input type="checkbox"/>				
El proyecto se alineó con mis intereses y habilidades.	<input type="checkbox"/>				
El sistema de asignación optimizada fue justo y transparente.	<input type="checkbox"/>				
Me sentí más motivado/a gracias a la forma en que se me asignó.	<input type="checkbox"/>				

#### Sección 3: Compromiso Académico

Ítem	1	2	3	4	5
Participé activamente en todas las etapas del proyecto.	<input type="checkbox"/>				
Me sentí responsable de mis tareas dentro del equipo.	<input type="checkbox"/>				
Colaboré de forma efectiva con mis compañeros/as.	<input type="checkbox"/>				
El proyecto me ayudó a mejorar mi rendimiento académico.	<input type="checkbox"/>				

#### Sección 4: Experiencia de Aprendizaje

Ítem	1	2	3	4	5
Aplicé conocimientos aprendidos en clase.	<input type="checkbox"/>				
El proyecto fomentó mi creatividad y pensamiento crítico.	<input type="checkbox"/>				
Me ayudó a desarrollar habilidades útiles para el futuro.	<input type="checkbox"/>				



Av. Eloy Alfaro s/n, 010100  
 Teléfono: 013-5-774-0860 ext. 2000 - 2001 - 2002  
 Rebeca - Ecuador  
 Unach.edu.ec

## Apéndice H. Encuesta Grupo de Control BGU-UEMOP (Asignación Tradicional)



Directorio de  
Posgrado  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN,  
INNOVACIÓN Y POSTGRADO



### Encuesta Grupo de Control BGU-UEMOP (Asignación Tradicional)

#### Estimado/a Estudiante:

Esta encuesta tiene como finalidad recopilar información sobre Satisfacción con el Proyecto Asignado, Compromiso Académico y Experiencia de Aprendizaje de los proyectos de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), asignados por tu docente

#### Instrucciones Generales:

Evalúa utilizando la siguiente escala de Likert

1 = Totalmente en desacuerdo 2 = En desacuerdo 3 = Neutral 4 = De acuerdo 5 = Totalmente de acuerdo

#### Sección 1: Datos Generales

Curso: \_\_\_\_\_

Paralelo: \_\_\_\_\_

Apellidos y Nombres \_\_\_\_\_ COD \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_

Proyecto asignado:

- Análisis de calidad del agua  
 App contra desperdicio alimentario  
 Campaña sobre patrimonio cultural

Nota obtenida en el proyecto asignado: \_\_\_\_\_

#### Sección 2: Satisfacción con el Proyecto Asignado

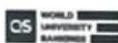
Ítem	1	2	3	4	5
Me sentí satisfecho/a con el proyecto asignado.	<input type="checkbox"/>				
El proyecto se relacionó con mis intereses personales.	<input type="checkbox"/>				
El proyecto fue motivador y estimulante.	<input type="checkbox"/>				
Considero que la asignación fue justa y adecuada.	<input type="checkbox"/>				

#### Sección 3: Compromiso Académico

Ítem	1	2	3	4	5
Participé activamente en todas las etapas del proyecto.	<input type="checkbox"/>				
Me sentí responsable de mis tareas dentro del equipo.	<input type="checkbox"/>				
Colaboré de forma efectiva con mis compañeros/as.	<input type="checkbox"/>				
El proyecto me ayudó a mejorar mi rendimiento académico.	<input type="checkbox"/>				

#### Sección 4: Experiencia de Aprendizaje

Ítem	1	2	3	4	5
Apliqué conocimientos aprendidos en clase.	<input type="checkbox"/>				
El proyecto fomentó mi creatividad y pensamiento crítico.	<input type="checkbox"/>				
Me ayudó a desarrollar habilidades útiles para el futuro.	<input type="checkbox"/>				



Av. Eloy Alfaro y 10 de Agosto  
 Teléfono (593-3) 573-0880, ext. 2300 - 2103 - 3217  
 Robambe - Ecuador  
**Unach.edu.ec**  
*en armonía*

## Apéndice I. Ficha de Observación Directa para Evaluación de Asignación de Proyectos ABP



Dirección de  
Posgrado  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
INNOVACIÓN Y POSGRADO



FO0 \_\_\_\_\_

### Ficha de Observación Directa para Evaluación de Asignación de Proyectos ABP

#### Instrucciones Generales:

Este instrumento debe ser completado por el investigador durante las sesiones de trabajo en clase

Utiliza la siguiente escala de Likert para registrar tus observaciones marque con una X

1 = Totalmente en desacuerdo 2 = En desacuerdo 3 = Neutral 4 = De acuerdo 5 = Totalmente de acuerdo

#### Datos Generales

Nombre del Observador: Cristian Comado Ruiz

Curso observado: \_\_\_\_\_

Proyecto Asignado:  Proyecto 1  Proyecto 2  Proyecto 3

Fecha de observación: \_\_\_\_\_

Número total de estudiantes: \_\_\_\_\_

Código del docente: \_\_\_\_\_

Grupo observado:  Control  Experimental

#### Satisfacción Estudiantil (Percepción del Investigador)

Ítem	1	2	3	4	5
Los estudiantes muestran interés genuino en el proyecto.	<input type="checkbox"/>				
Se observa motivación durante las sesiones de trabajo.	<input type="checkbox"/>				
Los estudiantes expresan entusiasmo al presentar o discutir.	<input type="checkbox"/>				
Se percibe que el proyecto está alineado con sus intereses.	<input type="checkbox"/>				

#### Compromiso Académico (Percepción del Investigador)

Ítem	1	2	3	4	5
Participan activamente en todas las etapas del proyecto.	<input type="checkbox"/>				
Cumplen con los plazos establecidos para las entregas.	<input type="checkbox"/>				
Colaboran de manera efectiva con sus compañeros/as.	<input type="checkbox"/>				
Asumen responsabilidades dentro del equipo.	<input type="checkbox"/>				

#### Experiencia de Aprendizaje (Percepción del Investigador)

Ítem	1	2	3	4	5
Utilizan herramientas digitales de forma efectiva.	<input type="checkbox"/>				
Aplican conocimientos previos para resolver problemas.	<input type="checkbox"/>				
Demuestran creatividad en sus soluciones.	<input type="checkbox"/>				
Reflexionan sobre su proceso de aprendizaje.	<input type="checkbox"/>				

#### Observaciones Generales

Registrar, cualquier observación adicional relevante sobre la dinámica del grupo, el ambiente de trabajo, dificultades observadas o aspectos destacables.

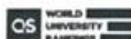
---



---



---



Av. Eloy Alfaro y 10 de Agosto  
Teléfono (593-3) 373-0880, ext. 2100 - 2103 - 2  
Riobamba - Ecuador  
**Unach.edu.ec**  
*en armonía*

## Apéndice J. Memoria Fotográfica

### Reuniones de trabajo con Directivos y Docentes de la UEMOP



### Socialización y observación a Estudiantes de la UEMOP



Unidad Educativa “Mario Oña Perdomo” Calles Rio Cofanes y Rio Aguarico, ciudad de San Gabriel, cantón Montúfar, provincia del Carchi.

