**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PANAMÁ**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES**

**DEPARTAMENTO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN, CONTROL Y EVALUACIÓN DE RECURSOS INFORMÁTICOS**

**EMPAREJAMIENTO APROXIMADO DE ESTUDIANTES CON TUTORES ACADÉMICOS EN INTERVENCIONES EDUCATIVAS DE FUNDACIÓN AYUDINGA**

**MODALIDAD DEL TRABAJO (TEÓRICO – PRÁCTICO)**

**INTEGRANTE**

**JOHEL HERACLIO BATISTA CÁRDENAS**

**ASESOR**

**VÍCTOR LÓPEZ CABRERA**

**2023**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PANAMÁ**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES**

**EMPAREJAMIENTO APROXIMADO DE ESTUDIANTES CON TUTORES ACADÉMICOS EN INTERVENCIONES EDUCATIVAS DE FUNDACIÓN AYUDINGA**

**ASESOR**

**VÍCTOR LÓPEZ CABRERA**

**INTEGRANTE**

**JOHEL HERACLIO BATISTA CÁRDENAS**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE LICENCIADO EN INGENIERÍA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN**

**2023**

**Resumen**

Este trabajo de investigación ofrece un enfoque innovador para el emparejamiento de estudiantes y tutores basándose en la intercorrelación que existen entre los Estilos de Enseñanza – Aprendizaje, respectivamente según la Teoría de Grasha-Riechmann.

El objetivo es optimizar la eficacia del proceso educativo a través de un emparejamiento más informado y estratégico. Esta propuesta se sustenta en la teoría de "Clusters de Aprendizaje" de Anthony Grasha, que sugiere una relación proporcional entre los estilos de aprendizaje del estudiante y los estilos de enseñanza del tutor.

A nivel de metodología, se incluye un proceso de recolección de datos diseñado a través de una aplicación web en el que se aplicarán la Encuesta de Inventarios de Estilos de Enseñanza y Aprendizaje para los Tutores y Estudiantes. Los datos recopilados son almacenados, procesados y organizados a través de técnicas avanzadas de gestión de datos, estableciendo así un repositorio de información interactivo.

Posteriormente, estos datos se extraen y se procesan a través de un algoritmo programado, que permite identificar los atributos específicos de estudiantes y tutores. Este procedimiento automatizado asegura una gestión eficiente y precisa de los datos, preparándolos para el análisis y la visualización.

La investigación continúa con el desarrollo de una aplicación que implementa el concepto matemático de Grafos Bipartitos para emparejar de manera óptima a estudiantes y tutores.

Este procedimiento permite crear subconjuntos de datos que son analizados utilizando herramientas avanzadas de cálculo matemático. Este enfoque también tiene en cuenta que múltiples estudiantes pueden ser asignados a un solo tutor para maximizar el aprendizaje colectivo.

Los resultados de este emparejamiento se almacenan para su análisis posterior y se visualizan a través de una plataforma de visualización de datos, proporcionando un cuadro de mando que presenta el "Emparejamiento Perfecto" de estudiantes y tutores.

Es importante resaltar que el estudio también considera las limitaciones y restricciones de la cantidad de estudiantes que un tutor puede manejar eficazmente.

Este aspecto asegura que el proceso de asignación no solo sea basado en datos, sino que también sea viable y beneficioso para todas las partes involucradas.

Los hallazgos de esta investigación proporcionarán una estrategia efectiva y basada en datos para la asignación de tutores en la Fundación Ayudinga.

Este enfoque permitirá una enseñanza más personalizada y efectiva, beneficiando tanto a tutores como a estudiantes al promover un entorno de aprendizaje más productivo y enriquecedor.

**Palabras clave**: *Emparejamiento Aproximado, Clústers de Aprendizaje, Grasha – Riechmann, Emparejamiento Perfecto, Enseñanza Personalizada, Gestión de datos, Visualización de Datos*

**Dedicatoria**

A la inolvidable memoria de mi amado abuelo, el Lic. Justiniano Cárdenas Barahona (Q.E.P.D.), cuyas enseñanzas y ejemplo de vida han sido mi faro en los momentos de oscuridad. Padre y abuelo, fue él quien me enseñó a mantenerme firme, a luchar frente a la adversidad y a creer siempre en mí mismo.

Su fortaleza y resiliencia continúan guiándome y me recuerdan que cualquier obstáculo se puede superar con perseverancia y fe en uno mismo. Aunque ya no esté físicamente presente, su espíritu sigue siendo mi guía y mi inspiración.

A la dulce memoria de Wocker Batista Cárdenas (Q.E.P.D.), mi fiel compañero de cuatro patas, quien durante diez años fue mucho más que una simple mascota. Fue mi cómplice en los días de estudio intensivo, mi consuelo en los momentos de estrés y desaliento, y mi alegría en los días de celebración.

Wocker siempre estuvo ahí, con su mirada comprensiva y su inagotable lealtad, proporcionándome un apoyo silencioso pero inmenso. Aunque ya no está físicamente a mi lado, sus recuerdos siguen vivos y lo mantienen presente en cada paso que doy.

Esto, no es el resultado de un esfuerzo académico y de investigación, sino de una manifestación más profunda de amor, cariño, apoyo, orientación y compañía que ambos, salvando las formas y las circunstancias, me dieron y eligieron creer.

Mi único deseo es que, dondequiera que estén, se sientan orgullosos de la persona en la que me he convertido y de los logros que he alcanzado. Su amor y sus enseñanzas viven en mí y se reflejan en cada paso que doy.

Por los que estuvieron, por los que están y por los que estarán.

**Agradecimientos**

Este viaje de aprendizaje y descubrimiento no hubiese sido posible sin la presencia significativa de algunas personas que me ayudaron a superar retos y a navegar en aguas desconocidas.

Víctor López Cabrera, mi asesor, quien, con su fe inquebrantable en mis habilidades, me permitió vislumbrar posibilidades más allá de mis dudas. A través de su mentoría, como Asistente de Cátedra Ad-Honorem, encontré la oportunidad de aprender y crecer en formas que nunca había imaginado. Víctor, tus lecciones y guía continúan resonando en mí.

Los Voluntarios de la Fundación Ayudinga, han sido mi faro durante esta travesía, enseñándome humildad en la victoria y reflexión en la adversidad. Su espíritu indomable y resiliencia ante los desafíos me han enseñado más de lo que las palabras pueden expresar.

A Justiniano, Reyna Emperatriz, Heraclio, Zuly, Zaida y Jahel, la familia que me dio el regalo del amor incondicional y el espacio para aprender, crecer y equivocarme. Sus enseñanzas y apoyo han sido el cimiento sobre el que se ha construido este logro.

Aquellos cuyos nombres no se mencionan aquí, pero que han jugado roles significativos en mi viaje, saben lo esenciales que son. A cada uno de ustedes, que han dejado huellas imborrables en mi vida y mi corazón, les extiendo mi gratitud más sincera.

Finalmente, agradezco a Dios, la Virgen y a Santa Librada, quienes han sido mi roca y mi refugio, y a quienes confío cada logro y desafío.

Cada uno de ustedes ha tenido un papel invaluable en la realización de este trabajo, y en mi vida. Sin su apoyo, orientación y amor, este logro no habría sido posible. Mi agradecimiento será eterno.

**Índice de Contenidos**

[**Introducción** - 9 -](#_Toc147788370)

[**Capítulo I: Marco Teórico y Antecedentes** - 14 -](#_Toc147788371)

[**Objetivos del Proyecto de Investigación** - 14 -](#_Toc147788372)

[**Objetivo General** - 14 -](#_Toc147788373)

[**Objetivos Específicos** - 15 -](#_Toc147788374)

[**Hipótesis de Investigación** - 15 -](#_Toc147788375)

[**Hipótesis Nula ():** - 15 -](#_Toc147788376)

[**Hipótesis Alternativa ():** - 16 -](#_Toc147788377)

[**Hipótesis Alternativa ():** - 16 -](#_Toc147788378)

[**Hipótesis Alternativa ():** - 16 -](#_Toc147788379)

[**Hipótesis Alternativa**  - 16 -](#_Toc147788380)

[**Justificación** - 17 -](#_Toc147788381)

[**Alcance y Limitaciones** - 18 -](#_Toc147788382)

[**Declaración de Conflictos de Interés del Autor** - 18 -](#_Toc147788383)

[**Antecedentes** - 18 -](#_Toc147788384)

[**Programa #PilandoAndo** - 19 -](#_Toc147788385)

[**Hallazgos Cualitativos y Cuantitativos** - 25 -](#_Toc147788386)

[**Modelos de Estilos de Aprendizaje** - 26 -](#_Toc147788387)

[**Modelos Pedagógicos** - 27 -](#_Toc147788388)

[**Modelo de Grasha-Riechmann** - 27 -](#_Toc147788389)

[**Adaptación al Formato de #PilandoAndo** - 45 -](#_Toc147788390)

[**Método de Clústers de Estilos** - 47 -](#_Toc147788391)

[**Modelado Matemático del Problema** - 49 -](#_Toc147788392)

[**El Problema de los Matrimonios Estables** - 50 -](#_Toc147788393)

[**Definición de Conjuntos y Subconjuntos** - 51 -](#_Toc147788394)

[**Resumen del Modelo Matemático** - 52 -](#_Toc147788395)

[**Capítulo II: Metodología y Diseño del Experimento** - 54 -](#_Toc147788396)

[**Metodología** - 55 -](#_Toc147788397)

[**Casuística Previa** - 55 -](#_Toc147788398)

[**Análisis Cualitativo de #PilandoAndo** - 57 -](#_Toc147788399)

[**Capítulo III: Arquitectura del Sistema** - 59 -](#_Toc147788400)

[**Capítulo IV: Emparejamiento de Estudiantes y Tutores** - 60 -](#_Toc147788401)

[**Reglas de Emparejamiento** - 61 -](#_Toc147788402)

[**Capítulo V: Análisis y Discusión de Resultados** - 69 -](#_Toc147788403)

[**Conclusiones y Trabajos Futuros** - 70 -](#_Toc147788404)

[**Anexos** - 74 -](#_Toc147788405)

**Índice de Ilustraciones**

[Figura 1: Clases envivo durante la Pandemia del COVID-19 - 13 -](#_Toc147445359)

[Figura 2: Primera Sesión de #PilandoAndo (18 de Enero, 2020) - 17 -](#_Toc147445360)

[Figura 3: Última Sesión de #PilandoAndo en el BioMuseo (27 de febrero de 2020) - 17 -](#_Toc147445361)

[Figura 4: Récord Mundial de la Tutoría de Matemáticas más grande del Mundo - 19 -](#_Toc147445362)

[Figura 5: Logística de Organización de Estudiantes en #PilandoAndo - 20 -](#_Toc147445363)

[Figura 6: Sesiones de Tutoría de #PilandoAndo en Verano 2023 - 40 -](#_Toc147445364)

[Figura 7 Equipo Logístico de #PilandoAndo - 58 -](#_Toc147445365)

**Índice de Tablas**

[Tabla 1: Simulación de Resultados de Cuestionario de Estilos de Aprendizaje de un Estudiante - 26 -](#_Toc147423285)

[Tabla 2: Simulación de Estilos de Enseñanza de un Tutor - 35 -](#_Toc147423286)

[*Tabla 3: Clúster 1 de Estilos de Enseñanza* - 37 -](#_Toc147423287)

[*Tabla 4: Clúster 2 de Estilos de Enseñanza* - 37 -](#_Toc147423288)

[*Tabla 5: Clúster 3 de Estilos de Enseñanza* - 37 -](#_Toc147423289)

[*Tabla 6: Clúster 4 de Estilos de Aprendizaje* - 37 -](#_Toc147423290)

[*Tabla 7: Clúster Integrado #1 entre Estilos de Enseñanza y Estilos de Aprendizaje* - 38 -](#_Toc147423291)

[*Tabla 8: Clúster Integrado #2 entre Estilos de Enseñanza y Estilos de Aprendizaje* - 38 -](#_Toc147423292)

[*Tabla 9:Clúster Integrado #3 entre Estilos de Enseñanza y Estilos de Aprendizaje* - 38 -](#_Toc147423293)

[*Tabla 10:Clúster Integrado #4 entre Estilos de Enseñanza y Estilos de Aprendizaje* - 38 -](#_Toc147423294)

[Tabla 11:Clasificación de Estilos de Aprendizaje como Bajo, Moderado o Alto - 43 -](#_Toc147423295)

**Índice de Gráficas**

[Gráfica 1: Representación Radial de Resultados de Estilos de Aprendizaje - 26 -](#_Toc147423240)

[Gráfica 2: Representación Radial de los Estilos de Enseñanza de un Tutor - 34 -](#_Toc147423241)

**Índice de Ecuaciones**

[Ecuación 1: Sumatoria del PSA con base en los datos ingresados por el estudiante - 25 -](#_Toc147427341)

[Ecuación 2: Cálculo del Estilo de Aprendizaje de un Estudiante - 25 -](#_Toc147427342)

[Ecuación 3: Sumatoria de las respuestas a cada pregunta ingresada por el tutor - 33 -](#_Toc147427343)

[Ecuación 4:Cálculo del Estilo de Enseñanza de un Tutor (PSE) - 34 -](#_Toc147427344)

# **Introducción**

“El sistema educativo panameño colapsó”, es algo que se puede escuchar mucho en los diferentes medios de comunicación. Esto ha llegado a convertirse en un campo de distorsión de la realidad para muchas personas; donde se considera que un elemento fundamental de lo que hoy conocemos como “El Estado”, depende de un sistema educativo.

Postulaba la Teoría General de Sistemas (TGS), que un sistema es “El todo más que la suma de sus partes”[1], algo que roza el pensamiento filosófico y a su vez nos conlleva en cierta medida a refutar la afirmación planteada inicialmente, ya que la misma existencia de un sistema educativo impide su colapso.

Esto se genera, dado que nunca han dejado de existir las partes o elementos que forman parte de este, el sistema sigue funcionando; es decir, en ningún momento ha tenido un colapso.

Conociendo esto, nos vamos mucho más allá del imperativo ético y moral que corresponde a un candidato a Ingeniero en Sistemas de Información comprender a cabalidad la implicancia que tienen los sistemas como elemento fundamental de diario convivir entre seres humanos al que denominamos sociedad.

Si no, que esto obliga a realizar un análisis sistémico de la realidad que está atravesando el sistema educativo panameño a manera que se generen intervenciones en los puntos de entrada y salida del mismo, afectando de esta manera el producto final.

Por ello, durante este Proyecto de Investigación, “Hablaremos de Educación”, pero enfocaremos nuestros esfuerzos a comprender más a fondo y optimizar el mismo proceso educativo, mejorar aquel sistema con el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC’s, por sus siglas en inglés.

Usaremos el caso del proyecto #PilandoAndo, ejecutado por la Fundación Ayudinga y el Canal de Panamá, que son intervenciones educativas masivas que se desarrollan bajo la consigna de palear las deficiencias de los estudiantes en diferentes ramas de la matemática como Aritmética, Álgebra, Geometría, Estadística y Probabilidad en etapas tempranas de su formación secundaria, así como en preparación para que estos puedan rendir sus exámenes de admisión en las universidades de la República de Panamá.

El modelo de #PilandoAndo, tiene como enfoque las Economías de Escala, dado que cambia por completo la estructura a través de la cual se llevan las tutorías tradicionalmente, donde es una relación de 1:1, es decir 1 Tutor por 1 Estudiantes.

Relación que con la pérdida del poder adquisitivo de las familias producto de los procesos inflacionarios, se vuelve en una especie de “activo de lujo”, que pocos pueden costearse.

#PilandoAndo como modelo propone sesiones de tutorías basadas en el voluntariado, donde jóvenes universitarios, profesores y profesionales de la sociedad civil donan su tiempo, esfuerzos y conocimientos para apoyar a más de 5 estudiantes por mesa en donde son asignados.

Sin embargo, el modelo de #PilandoAndo se ha de denotar que es una aproximación novedosa para presentar una propuesta de solución al problema educativo a través del involucramiento directo de la sociedad civil que se organiza a través de Organizaciones No Gubernamentales (ONG), organismos supra gubernamentales como el Canal de Panamá (ACP) y la empresa privada, pero presenta problemas de aseguramiento de la pertinencia y calidad educativa.

Es por esto, que evaluaremos la interacción propia e inherente que existe entre Estudiantes y Tutores, dónde cada uno de ellos aprende de una forma totalmente diferente a la que enseña y viceversa.

Materia que se formalizará posteriormente con Modelos como el de Kolb, Honey & Mumford, Felder & Silverman, Gardner, Grasha y Gregorc.

Estos modelos plantean diferentes perspectivas sobre ¿Cómo las personas aprenden? y ¿Cómo procesan la información?; evaluar “Cuál es el mejor”, no es algo que haremos en este Proyecto de Investigación, ya se reconocerá que cada uno tiene sus aplicaciones específicas en casos puntuales.

Se usará el Modelo de Grasha-Riechmann, en el que se plantea la “Taxonomía de Estilos de Enseñanza y Aprendizaje” para evaluar la mejor forma a través de la cual se pueden emparejar aproximadamente a los Estudiantes y Tutores para maximizar ese sentido de pertinencia y calidad educativa en #PilandoAndo.

Con el fin desarrollar un modelo, se tendrán que aplicar la Prueba de Inventarios de Estilos de Aprendizaje a los Estudiantes que asistirán a un conjunto específico de sesiones de #PilandoAndo y la Prueba de Inventarios de Estilos de Enseñanza a los Tutores que de igual manera asistan a ese mismo grupo de sesiones.

Todo esto, será desarrollado a través de una plataforma web en las que se podrán tomar esas pruebas, un equipo administrativo analizar los resultados; teniendo la mente buscar ese “Emparejamiento Aproximado” entre Estudiantes y Tutores, donde sus Estilos de Enseñanza y Aprendizaje estén lo más correlacionados que sea posible.

En ese camino, exploraremos la Teoría de Emparejamiento o mejor conocida como Teoría del Matching, una rama de las matemáticas discretas que se caracteriza por utilizar diversas técnicas que se centrar en buscar diferentes tipos de Emparejamiento para dos conjuntos distintos, garantizando la existencia del un Emparejamiento como tal.

Basado en los elementos del Modelo de Grasha-Riechmann y sus pruebas psicométricas que les serán aplicadas a una muestra de la población de estudiantes y tutores de #PilandoAndo, sin considerar la existencia de una grupo control, tomaremos estos datos garantizando siempre el cumplimiento de la Ley 81 de Protección de Datos de la República de Panamá, territorio en el que realizaremos el experimento del cuál elaboraremos un modelo matemático.

Este planteamiento matemático, como ya bien fue mencionado, tendrá su base en la Teoría del Matching, empero de los múltiples algoritmos de emparejamiento que pueden llegar a existir, nos basaremos en el desarrollado por Llyod Shapley y David Gale, el cual lleva su nombre llamado Gale Shapley.

Se desarrollaría de esta manera, dado que permite alcanzar diversos niveles de emparejamiento, que pueden ser el Perfecto, Máximo o el Estable. Siendo el objetivo de este Proyecto de Investigación encontrar un emparejamiento máximo (aproximado) entre los Estudiantes y Tutores en las intervenciones educativas masivas de la Fundación Ayudinga.

La intersección entre las ciencias sociales como la pedagogía y las ciencias naturales como las matemáticas, computación y sistemas de información generarán un producto final que permita al equipo de la Fundación Ayudinga y el Canal de Panamá, una mejor organización y creación de los grupos de tutoría en #PilandoAndo.

La aplicabilidad de este Proyecto de Investigación pone en práctica directa todos los conocimientos adquiridos en el transcurso del cursado de la Licenciatura en Ingeniería en Sistemas de Información.

Todo será puesto a prueba para generar una propuesta educativa basada en la ciencia y la evidencia que tenga como un fin último, la mejora de la calidad de los aprendizajes de los estudiantes en Panamá y América Latina.

# **Capítulo I: Marco Teórico y Antecedentes**

## **Objetivos del Proyecto de Investigación**

### **Objetivo General**

Diseñar y poner a prueba un sistema web basado en los modelos pedagógicos de Estilos de Aprendizaje y Estilos de Enseñanza, así como en la Teoría del Emparejamiento, que facilite un emparejamiento aproximado entre Estudiantes y Tutores en #PilandoAndo, el programa de intervenciones educativas masivas de la Fundación Ayudinga, maximizando la eficacia de estas.

### **Objetivos Específicos**

* Analizar los diversos modelos pedagógicos en los cuales se establezcan las relaciones en Estilos de Aprendizaje de Estudiantes y Estilos de Enseñanza de Tutores, así como el planteamiento de diversos modelos matemáticos dentro de la Teoría del Emparejamiento.
* Ejecutar un experimento que permita la aplicación de la prueba del Test de Inventarios de Estilos de Aprendizaje para los Estudiantes y el Test de Inventarios de Estilos de Enseñanza para los Tutores de un grupo de sesiones de #PilandoAndo
* Desarrollar un sistema web que permita la captación de los datos por parte de los estudiantes y tutores en #PilandoAndo, así como su visualización y creación de grupos de tutorías para los organizadores de esta actividad.
* Desarrollar el Algoritmo de Gale-Shapley para el Emparejamiento Aproximado entre Estudiantes y Tutores tomando en cuenta las disimilitudes entre estos.
* Analizar los resultados obtenidos de la aplicación del Algoritmo de Gale-Shapley en el Emparejamiento Aproximado de Estudiantes y Tutores, a manera de crear el grupo de tutorías aproximado para un Conjunto de Estudiantes y un Tutor.

## **Hipótesis de Investigación**

### **Hipótesis Nula ():**

La aplicación del algoritmo de emparejamiento de Gale-Shapley, basado de igual forma en los Estilos de Aprendizaje de los Estudiantes y los Estilos de Enseñanza de los Tutores, no demostró ninguna diferencia significativa en los emparejamientos aproximados al momento de la creación de grupos de tutoría en las sesiones de #PilandoAndo, comparándolos con emparejamientos aleatorios.

### **Hipótesis Alternativa ():**

Al aplicar el Algoritmo de Gale-Shapley sobre los Estilos de Aprendizaje de los Estudiantes y los Estilos de Enseñanza de los Tutores, se producen emparejamientos entre ellos que son más compatibles en comparación con los realizados al azar en las sesiones de #PilandoAndo

### **Hipótesis Alternativa ():**

Los emparejamientos producto del Algoritmo Gale-Shapley tienden a contar con una mayor concordancia entre los Estilos de Aprendizaje de los Estudiantes y los Estilos de Enseñanza de los tutores que son dominantes producto de la aplicación de la prueba psicométrica en cuestión, en comparación con los emparejamientos realizados al azar en las sesiones de #PilandoAndo.

### **Hipótesis Alternativa ():**

Los emparejamientos que son productos del Algoritmo de Gale-Shapley demuestran una mayor capacidad al maximizar el número de tutores que tienen grupos completos (5-6 estudiantes) basados en la compatibilidad de estilos, comparándolos con los emparejamientos al azar en las sesiones de #PilandoAndo.

### **Hipótesis Alternativa**

Los emparejamientos producto del Algoritmo Gale-Shapley muestran una menor variabilidad en la compatibilidad de estilos de aprendizaje y estilos de enseñanza de tutores cuando es comparado con los emparejamientos al azar en las sesiones de #PilandoAndo.

## **Justificación**

Siendo la educación el pilar fundamental de cualquier nación y el desarrollo de sus individuos y sociedad, la eficacia de esta no solamente depende del contenido impartido, sino de cómo se es impartido y como este es recibido.

Los estilos de aprendizaje y enseñanza son aspectos fundamentales que influyen en el proceso de enseñanza-aprendizaje, que es la concepción tradicional del modelo educativo. Sabiendo que cada individuo tiene una forma única de aprender y otra forma única de enseñar, por lo que la coincidencia entre estos estilos es un factor determinante para el éxito educativo.

#PilandoAndo es una oportunidad de gran valor para los estudiantes que busquen reforzar sus conocimientos en diversas áreas de las matemáticas a través de tutorías libres y gratuitas. Sin embargo, se reconoce que el éxito de estas sesiones no solamente depende del contenido y su calidad como tal, sino también de la relación pedagógica intrínseca que se genera entre el tutor y el estudiante.

Por ello, un emparejamiento adecuado entre ambos podría potenciar la retención y comprensión del conocimiento compartido, mientras que un emparejamiento inadecuado resulta directamente en sesiones ineficaces, ineficientes e incluso contraproducentes para el mismo estudiante.

Dentro de la Teoría del Emparejamiento, hay herramientas matemáticas que pueden utilizarse para optimizar estos emparejamientos. Especialmente, el Algoritmo de Gale-Shapley ha demostrado a lo largo del tiempo ser eficiente en problemas similares y con ello tiene la capacidad de adaptarse considerando las diferencias entre estilos de aprendizaje y estilos de enseñanza.

Desarrollando un sistema web que facilite la captación y visualización de estos datos, no solamente optimizará el proceso de emparejamiento, sino que permitirá que los organizadores de #PilandoAndo tengan una herramienta de alto valor para el seguimiento y gestión de las sesiones de tutoría.

## **Alcance y Limitaciones**

Este Proyecto de Investigación es de carácter exploratorio, ya que del mismo no se espera un factor conclusivo. Esto debido a que no se cuentan con los datos de toda la población de estudiantes, en este caso del lugar dónde se desarrolla el mismo, que es la República de Panamá; siendo de igual manera con los Tutores o Docentes.

Por ello, se limitará a evaluar lo que acontece dentro de las sesiones de tutoría de #PilandoAndoPaLaU entre las fechas del 25 de agosto y 23 de agosto, ambas de 2023 en las que se estaban preparando a los estudiantes a través tutores voluntarios para que estos rindiesen los exámenes de admisión de las universidades públicas en Panamá.

## **Declaración de Conflictos de Interés del Autor**

El autor de este Trabajo de Graduación Teórico-Práctico declara que su único conflicto de interés es ser Presidente y Fundador de la Fundación Ayudinga, organización y sus aliados estratégicos como la Autoridad del Canal de Panamá (ACP) gracias a los cuales se ejecuta este proyecto de investigación.

## **Antecedentes**

La Fundación Ayudinga es una entidad educativa sin ánimo de lucro dedicada a proporcionar experiencias de aprendizaje gratuitas, inclusivas y centradas en el ser humano.

Desde su creación, ha ofrecido materiales académicos en video en disciplinas como Matemáticas, Física, Química y Biología, manteniendo un alto nivel de calidad audiovisual. Estos contenidos se caracterizan por contextualizar el aprendizaje con situaciones del día a día.

En tiempos recientes, la Fundación ha trabajado en la creación de un Modelo Educativo denominado “AyuEduca 2030”[2]. Este modelo establece ejes estratégicos centrados en el Impacto Social en el ámbito educativo.

Es notable cómo la reciente pandemia de COVID-19 [3] afectó a estudiantes de diversos países, evidenciando la desigualdad en el acceso a recursos tecnológicos. Esta situación limitó la oportunidad educativa para muchos, en particular para aquellos en contextos de vulnerabilidad.



Figura 1: Clases envivo durante la Pandemia del COVID-19

### **Programa #PilandoAndo**

A inicios del año 2020, surge la una iniciativa conjunta entre la Fundación Ayudinga y el Biomuseo (Fundación Amador), a través de la cual se dieran tutorías masivas gratuitas y libres de Matemáticas en las instalaciones de este, con el nombre #PilandoAndo.

#PilandoAndo consiste en una iniciativa en la que jóvenes voluntarios, que, con el respaldo de la empresa privada y la sociedad civil, den clases masivas de diferentes temas, sin embargo, haciendo énfasis en Aritmética, Álgebra y Geometría, generando una intervención directa en el proceso educativo del estudiante.

Es importante reconocer que el modelo de #PilandoAndo consiste en que es una “Intervención Masiva”, es decir, hay una gran cantidad de estudiantes que forman parte de ella, así como hay una gran cantidad de tutores que voluntariamente ceden su tiempo para compartir sus conocimientos de manera gratuita con estos estudiantes en sesiones sabatinas.

Se inicio con un rango etario de estudiantes con edades entre los 14 a 16 años a través de tutorías de Aritmética y Álgebra, ya que se consideró que estas representan metodologías que propugnan el desarrollo de un Pensamiento Lógico – Matemático desde tempranas edades; más aun considerando la situación educativa que estamos atravesando en América Latina.[4]

El crecimiento de estudiantes en #PilandoAndo llevó a que se tuviesen que flexibilizar las edades que se le solicitaban a los estudiantes para ir a las tutorías, ya que de una población de , entre de ellos estaban en las edades de , por lo cual se les permitió que ellos formaran parte de las tutorías.

De manera inicial, se debe mencionar que no se contaba con ningún tipo de sistema informático para llegar registro de asistencia, asignación de estudiantes a mesas con tutores y cualquier otro proceso asociado, todo esto se realizaba a mano; exceptuando el Registro Previo de los Estudiantes a través de un formulario web que estos llenaban en colaboración con el Biomuseo.

Debido a ello, se tuvo que tomar la decisión de reestructurar por niveles de Aritmética y Álgebra [5] de la siguiente manera:

* **Aritmética**
  + **Aritmética Básica**: Dirigida a estudiantes de 4to - 5to grado
  + **Aritmética Intermedia**: Dirigida a estudiantes de 5to - 6to grado
  + **Aritmética Avanzada**: Dirigida a estudiantes de 6to - 7mo grado
* **Álgebra**
  + **Álgebra Básica**: Dirigida a estudiantes de 7mo - 8vo grado
  + **Álgebra Intermedia**: Dirigida a estudiantes de 8vo - 9no grado
  + **Álgebra Avanzada**: Dirigida a estudiantes de 9no – 10mo grado

Esta decisión fue tomada debido a que algunos autores, como estudios realizados por el Ministerio de Educación de la República de Colombia [6] plantean que las dificultades más grandes en el aprendizaje de la matemática para un estudiante en etapas tempranas (Primaria e Inicios de Secundaria) son:

* Alto nivel de abstracción de conceptos
* Requerida secuencialidad de los conocimientos

Los tutores se encontraban previamente informados sobre los niveles que estos iban a enseñar en las sesiones de tutorías, sin embargo; siempre existía un alto grado de incertidumbre debido a que se dependía del estudiante que llegara a #PilandoAndo y lo que este desease aprender o reforzar.

Esto conllevaba cierto nivel de complejidad a nivel logístico, ya que se rompía por completo con la consigna inicial de #PilandoAndo, la cual consistía en un tutor dándole tutorías a un grupo pequeño (En su momento, se planteaba de 3-4 estudiantes como máximo).

Para el diseño inicial del modelo que estamos poniendo a prueba en el presente Proyecto de Investigación, se consideró el hecho de que se extrapolaban contextos de las relaciones y cardinalidades existentes bajo el Modelo de las Bases de Datos Relacionales con el Modelo de Cood y sus 12 reglas [7].

Bajo el modelo educativo tradicional, se contempla que la Entidad Docente, puede dar clases a N estudiantes, generando de esta manera una relación de N, lo que traducido en palabras sería una relación de Uno a Muchos.

Sin embargo, cuando analizamos ese “Muchos”, resulta que la cantidad puede ser cuasi infinita de estudiantes que reciban clases de dicho docente, por lo que se puede perder la personalización de los aprendizajes a nivel de una tutoría.[8]

Por ello, de manera empírica y en su momento únicamente basados en la intuición, se generan las bases para el desarrollo y escalabilidad de #PilandoAndo con la consigna de: “Todo tutor puede darle tutorías a un máximo de 4 estudiantes, en caso de que este sobrepase la cantidad de estudiantes permitidos, serán asignados al siguiente tutor disponible”.



Figura 2: Primera Sesión de #PilandoAndo (18 de Enero, 2020)

#PilandoAndo tuvo que ser detenido de manera presencial el 27 de febrero de 2020 debido a las previsiones que la Fundación Ayudinga y sus aliados tomaron producto del advenimiento de la Pandemia del COVID-19.



Figura 3: Última Sesión de #PilandoAndo en el BioMuseo (27 de febrero de 2020)

El proyecto continuó de manera virtual con el uso de las redes sociales de Fundación Ayudinga, dónde se impartían estas sesiones de tutorías en vivo y pregrabadas en algunas ocasiones, contando con el apoyo de empresas como Banesco, Fundación Alberto Motta y Petróleos Delta.

Durante el año 2022, luego de que se levantan gran parte de las medidas de restricción por parte del Ministerio de Salud de la República de Panamá (MINSA), se toma la decisión de regresar a hacer sesiones de #PilandoAndo de manera presencial, en esta ocasión directamente con el apoyo de la Autoridad de Canal de Panamá (ACP), así como su financiamiento para el desarrollo de este proyecto.

Para ello, se adoptó una coyuntura relevante como lo es la preparación a los estudiantes para el Examen de Admisión PAA de la Universidad Tecnológica de Panamá, elaborados por el College Board.

Durante estas 3 sesiones de tutorías libres y gratuitas con una duración de 9 horas en total; Colaboradores de la ACP, Profesionales Independientes y Estudiantes de la UTP fungieron como tutores para el resto de sus compañeros.

En el año 2023, “#PilandoAndo” realizó nuevamente el programa #PilandoAndoPaLaU, con el apoyo del Canal de Panamá, Multibank y la Universidad Tecnológica de Panamá donde hubo una afluencia de 282 estudiantes que asistieron de forma recurrente a las 4 sesiones planificadas como parte de la estructura de este Proyecto de Investigación.

A group of people posing for a photo

Description automatically generated

Figura 4: Récord Mundial de la Tutoría de Matemáticas más grande del Mundo

### **Hallazgos Cualitativos y Cuantitativos**

A partir de una población de , producto de esta tutoría libre y gratuita con el nombre #PilandoAndoPaLaU en el año 2022, se obtuvieron los siguientes resultados:

* 85% de los estudiantes (82 estudiantes) tuvieron puntajes ≥ 1,000 puntos.
  + Esto permitió que pudiesen entrar a Carreras de Ingeniería
* 6% (6 estudiantes) de los estudiantes obtuvieron puntajes entre 900 y 999 puntos.
  + Esto permitió que pudiesen acceder Carreras de Licenciatura
* 9% (8 estudiantes de los estudiantes obtuvieron > de 800 puntos.
  + Este puntaje no permite que el estudiante sea admitido bajo los criterios de la Universidad Tecnológica de Panamá y su Sistema de Ingreso Universitario (SIUTP)

Es importante mencionar que toda la información presentada anteriormente fue obtenida a través de encuestas que los estudiantes o sus acudientes llenaron posterior a recibir los resultados de la Prueba PAA, a manera de “Feedback o Retroalimentación” para poder tener una medición real de la efectividad o no de la intervención.

Uno de los principales hallazgos que surgieron a partir de observaciones cualitativas era la diferencia entre el Estilo de Enseñanza de un Tutor y el Estilo de Aprendizaje de un Estudiante, lo cual tiene una relación de directa proporcionalidad a manera de que se pueda generar un entorno educativo en el que tanto tutores como estudiantes puedan maximizar el proceso de enseñanza-aprendizaje. [9]

## **Modelos de Estilos de Aprendizaje**

El principal cuello de botella que se presentó al momento de realizar los análisis “Post-Mórtem” de cada uno de los #PilandoAndo, fue la cantidad de tiempo efectivo de tutorías que se “perdía” por el hecho de tener que estar organizando a los estudiantes mesas por mesas desde la perspectiva logística.



Figura 5: Logística de Organización de Estudiantes en #PilandoAndo

De igual forma, de este la perspectiva académica; se reconoce que no todos los estudiantes se sienten cómodos con un tutor y no todos los tutores se sienten cómodos con un estudiante en específico, es una relación dual. [10]

Por ello, como parte de este Proyecto de Investigación, se proceden a buscar opciones a través de las cuales se pueda automatizar ese proceso y de esa manera maximizar el aprendizaje de los estudiantes y apoyar la labor voluntaria que están realizando los tutores, donando su tiempo en pro de apoyar a los demás.

### **Modelos Pedagógicos**

A manera de poder determinar ¿Cómo encontraremos un modelo que permita emparejar Estudiantes y Tutores en las Intervenciones Educativas Masivas de la Fundación Ayudinga?, primero tenemos que hacer una serie de definiciones claras, como por ejemplo ¿Por qué estamos hablando de Pedagogía?

El concepto de #PilandoAndo, como fue mencionado anteriormente tiene una clara dirección y enfoque hacia los estudiantes que se encuentran en edades de 10 – 20 años, dado que se busca reforzar una serie de conocimientos base como lo son Aritmética, Álgebra, Geometría, Trigonometría y Funciones Matemáticas.

Sin embargo, lo que nos atañe en este Proyecto de Investigación es evaluar lo acontecido y sus posibilidades futuras en #PilandoAndoPaLaU, una intervención específica que duró 5 semanas en la que se preparon a estudiantes entre 16 – 21 años para rendir el examen de admisión de las universidades en Panamá.

La Fundación Ayudinga, tiene como su eje principal de desarrollo, la creación de contenidos académicos e intervenciones educativas para estudiantes en las edades anteriormente mencionadas, por lo que debemos saber que nos estamos refiriendo a modelos pedagógicos, en vez de modelos andragógicos.

Para ello, debemos establecer una definición clara de ¿Qué es un Modelo?, para lo que procederemos a utilizar definiciones como las del Dr. Modaldo Tuñón, Catedrático de la Facultad de Ingeniería en Sistemas Computacionales de la Universidad Tecnológica de Panamá, quién establece que “Un modelo es una representación física o abstracta de un sistema (grupo de objetos o ideas) que de alguna manera es diferente a su forma original” [11].

Ya una vez conocida la definición de “Modelo”, a continuación presentaremos

### **Modelo de Grasha-Riechmann**

Para ello, se procede a analizar Modelos Psicopedagógicos como el “Modelo de Grasha-Riechmann[12], en el que permite denotar que en efecto existen 6 Estilos de Aprendizaje para los Estudiantes y 5 Estilos de Enseñanza para los Tutores, generando con ello todas las combinaciones posibles, pero enfocándose en el Estilo de Enseñanza del ya mencionado tutor. [13]

Este modelo, propuesto por el Dr. Anthony Grasha y la Dra. Sheryl Hruska Riechmann en 1974, se basa en las preferencias de los estudiantes en relación con la interacción con sus compañeros y docentes. Además, refleja la combinación de estilos de aprendizaje que un estudiante puede exhibir. [14]

Al examinar el Modelo de Grasha-Riechmann, es esencial reconocer que los autores delinearon seis Estilos de Aprendizaje, categorizados en tres dimensiones:

1. Actitud del estudiante hacia el proceso de enseñanza-aprendizaje.
2. Percepciones respecto a los compañeros y los tutores.
3. Respuestas ante las estrategias pedagógicas implementadas en el aula.

Antes de proceder a hacer un planteamiento matemático para buscar ese Emparejamiento Aproximado entre Estudiantes y Tutores en las Intervenciones Educativas de la Fundación Ayudinga, debemos definir los Estilos de Aprendizaje para Estudiantes que fueron planteado en el Inventario de Estilos de Aprendizaje que posteriormente serán aplicados en forma de Prueba Psicométricas.

#### **Estilos de Aprendizaje de Estudiantes**

Estas características de cada uno del Inventario de Estilo de Aprendizaje surgen de una adaptación realizada en la Universidad de la Salle, Ciencia Unisalle en Colombia en el año 2014. [15]

* **Independiente**
  + **Descripción:** Prefiere la autonomía en el proceso de aprendizaje, estableciendo un ritmo individualizado.
  + **Características:**
    - Valoración de la autonomía en el aprendizaje.
    - Predisposición hacia el descubrimiento autónomo.
    - Tendencia a la Introspección
  + **Técnicas de Estudio:** 
    - Autonomía en la gestión del aprendizaje
    - Exploración individualizada de contenidos.
    - Reflexión personal sobre los aprendizajes adquiridos.
* **Evitativo**
  + **Descripción:** Tendencia a evitar la participación en el proceso de aprendizaje.
  + **Características:**
    - Sensación de abrumo ante desafíos académicos.
    - Propensión a la postergación de tareas.
    - Potencial indiferencia o desinterés.
  + **Técnicas de Estudio:** 
    - Manejo del estrés ante desafíos académicos.
    - Estrategias contra la procrastinación.
    - Técnicas de motivación y compromiso.
* **Colaborativo**
  + **Descripción:** Opta por un aprendizaje colaborativo, valorizando el trabajo en equipo y la interacción.
  + **Características:**
    - Aprendizaje interactivo.
    - Valoración de perspectivas diversas.
    - Habilidades de escucha activa.
  + **Técnicas de Estudio:**
    - Formación de grupos de estudio colaborativos.
    - Promoción de discusiones y debates constructivos.
    - Comparación y compartición de notas con pares.
* **Dependiente**
  + **Descripción:** Requiere de una estructura definida y directrices claras para el aprendizaje.
  + **Características**
    - Necesidad de instrucciones precisas.
    - Búsqueda de validación por parte de tutores.
    - Potencial pasividad en el proceso de aprendizaje.
  + **Técnicas de Estudio:**
    - Clarificación de instrucciones.
    - Interacción y retroalimentación con tutores.
    - Técnicas de activación del aprendizaje.
* **Competitivo**
  + **Descripción:** Orientado al logro y a la superación respecto a pares en el proceso de aprendizaje.
  + **Características:**
    - Orientación hacia el logro.
    - Búsqueda de reconocimiento.
    - Tendencia a la argumentación.
  + **Técnicas de Estudio:**
    - Establecimiento de metas académicas.
    - Uso de tarjetas mnemotécnicas o tarjetas de ayuda de memoria para revisión
    - Realización de simulacros de evaluación para medir progreso.
* **Participativo**
  + **Descripción:** Propensión hacia un aprendizaje práctico y experiencial.
  + **Características:** 
    - Aprendizaje práctico.
    - Aplicación de conocimientos adquiridos.
    - Dinamismo y actividad en el proceso de aprendizaje.
  + **Técnicas de Estudio:** 
    - Ejecución de ejercicios prácticos o simulaciones.
    - Relacionamiento del contenido con contextos reales.
    - Implementación de técnicas de aprendizaje experiencial, como aprendizaje basado en proyectos ó Project Based – Learning. [16]

Se reconoce que cada uno de estos Estilos de Aprendizaje, surgen de la aplicación de una Prueba Psicométrica a través de una plataforma online [17] que fue desarrollada específicamente para este fin tomando el Inventario de Estilos de Aprendizaje planteado por el Modelo Pedagógico mencionado con anterioridad.

##### **Cuestionario de Estilo de Aprendizaje**

1. Confío plenamente en mi capacidad para aprender el material esencial del curso.
2. A menudo me descubro divagando durante las lecciones.
3. Me resulta gratificante colaborar con otros estudiantes en el aula.
4. El contenido del curso proporciona información fidedigna y precisa.
5. Siento la necesidad de competir con mis compañeros por la atención del docente y aclarar mis inquietudes antes que ellos.
6. Estoy generalmente predispuesto a aprender sobre el contenido impartido en clase.
7. Mis reflexiones sobre el contenido suelen ser tan válidas como las presentadas en el material didáctico.
8. Las actividades en el aula me resultan monótonas.
9. Disfruto debatiendo ideas relacionadas con el material del curso con mis compañeros.
10. Estimo que los docentes tienen un conocimiento preciso sobre lo esencial a aprender en un curso.
11. Siento la necesidad de competir con mis compañeros por obtener la calificación más alta.
12. Considero valioso asistir a las clases presenciales.
13. Estudio aquello que es relevante para mí, no necesariamente lo que el docente destaca como esencial.
14. Raramente me siento entusiasmado con el contenido presentado en clase.
15. Valoro escuchar las opiniones de mis compañeros sobre los temas discutidos en clase.
16. Los docentes deberían especificar claramente sus expectativas hacia los estudiantes.
17. Durante las discusiones en clase, siento que debo competir con mis compañeros para que mis ideas sean consideradas.
18. Aprendo más del curso en el aula que en mi hogar.
19. Gran parte del contenido impartido ya lo he aprendido de manera autónoma.
20. A menudo siento que debo asistir a clases, incluso si no es de mi interés.
21. Considero que los estudiantes pueden beneficiarse discutiendo sus ideas entre sí.
22. Procuro realizar mis tareas siguiendo estrictamente las indicaciones del docente.
23. Los estudiantes deberían adoptar una actitud competitiva para destacar académicamente.
24. Tenemos la responsabilidad de aprovechar al máximo las herramientas y recursos educativos proporcionados en clase.
25. Soy capaz de identificar de manera autónoma los temas relevantes del material de estudio.
26. Me resulta desafiante mantener la atención durante una clase.
27. Prefiero prepararme para los exámenes en compañía de otros estudiantes.
28. Los docentes que permiten total libertad a los estudiantes no están cumpliendo adecuadamente su función.
29. Me agrada resolver cuestiones o problemas antes que mis compañeros.
30. Las actividades en clase suelen ser interesantes.
31. Me gusta formular mis propias interpretaciones sobre los temas presentados en clase.
32. En ocasiones, me siento desmotivado para aprender durante las clases presenciales.
33. Las perspectivas de mis compañeros me ayudan a comprender mejor el material del curso.
34. Los estudiantes deberían ser supervisados por los docentes en todos los proyectos académicos.
35. Para destacar, es necesario superar a los demás estudiantes.
36. Me esfuerzo por participar activamente en todas las facetas del curso.
37. Tengo mis propias visiones sobre cómo deberían ser impartidas las clases.
38. En la mayoría de mis asignaturas, estudio lo justo y necesario para aprobar.
39. Un aspecto fundamental de la formación académica es aprender a interactuar con otros.
40. Mis notas reflejan casi todo lo que el docente ha mencionado en clase.
41. Los estudiantes se perjudican académicamente al compartir sus apuntes e ideas.
42. Realizo las tareas asignadas independientemente de si me resultan interesantes.
43. Si un tema me resulta atractivo, suelo investigar por mi cuenta.
44. Habitualmente, intensifico mi estudio previo a los exámenes.
45. El aprendizaje debería ser un esfuerzo conjunto entre estudiantes y la institución educativa.
46. Prefiero clases que estén estructuradas de manera organizada.
47. Para sobresalir en clase, intento realizar las tareas mejor que mis compañeros.
48. Suelo abordar las tareas en cuanto son asignadas.
49. Prefiero trabajar en proyectos académicos de manera individual.
50. Desearía que los docentes no me prestaran atención en clase.
51. Permito que otros estudiantes utilicen mis apuntes cuando lo solicitan.
52. Los docentes deberían especificar claramente el contenido que será evaluado en un examen.
53. Me interesa conocer el rendimiento de mis compañeros en tareas y exámenes.
54. Realizo tanto las tareas obligatorias como las opcionales.
55. Ante una duda, intento resolverla por mi cuenta antes de buscar asistencia.
56. Durante las clases, suelo conversar o bromear con quienes están cerca de mí.
57. Disfruto participando en grupos pequeños durante las clases.
58. Considero que las anotaciones del docente en el pizarrón son de gran utilidad.
59. Consulto a mis compañeros sobre las calificaciones obtenidas en exámenes y tareas.
60. En mis clases, suelo sentarme en las primeras filas del aula.

El Cuestionario del Estilo de Aprendizaje del Estudiante se compone de diversas preguntas, cada una con una ponderación específica [17]. Las posibles respuestas a cada pregunta son:

1. Totalmente en desacuerdo
2. Parcialmente en desacuerdo
3. Indeciso
4. Parcialmente de acuerdo
5. Totalmente de acuerdo

El cuestionario identifica seis Estilos de Aprendizaje, y cada estilo se relaciona directamente con un conjunto específico de preguntas:

1. **Independiente**: Preguntas 1, 7, 13, 19, 25, 31, 37, 43, 49 y 55.
2. **Evitativo**: Preguntas 2, 8, 14, 20, 26, 32, 38, 44, 50 y 56.
3. **Colaborativo**: Preguntas 3, 9, 15, 21, 27, 33, 39, 45, 51 y 57.
4. **Dependiente**: Preguntas 4, 10, 16, 22, 28, 34, 40, 46, 52 y 58.
5. **Competitivo**: Preguntas 5, 11, 17, 23, 29, 35, 41, 47, 53 y 59.
6. **Participativo**: Preguntas 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 54 y 60.

Para determinar cuál estilo de aprendizaje corresponde a cada estudiante, se totalizan los resultados para cada uno de los seis estilos, tomando en cuenta los siguientes valores numéricos para las respuestas como son: Totalmente en desacuerdo (1), Parcialmente en desacuerdo (2), Neutro (3), Parcialmente de acuerdo (4) y Totalmente de acuerdo (5)

Primero, se suman las puntuaciones otorgadas por el estudiante para los diferentes estilos de aprendizaje, considerando las preguntas específicas asociadas a cada estilo. Posteriormente, se calcula el promedio de las respuestas del estudiante para cada estilo.

Ecuación 1: Sumatoria del PSA con base en los datos ingresados por el estudiante

Con una precisión de 3 a 5 decimales, se determina un promedio específico, esto de manera que se pueda asignar un Estilo de Aprendizaje a cada estudiante.

Ecuación 2: Cálculo del Estilo de Aprendizaje de un Estudiante

En el marco de este procedimiento, se ha decidido abstenerse de emplear diversas Medidas de Dispersión Estadísticas, ya que, tras un análisis meticuloso, no se han considerado pertinentes para el propósito en cuestión.

En su lugar, se optará exclusivamente por herramientas de Estadística Descriptiva, tales como el Promedio o la Media Aritmética.

Con el objetivo de refinar la precisión de los resultados, se delinearán posteriormente los intervalos correspondientes a cada Estilo de Aprendizaje. Estos se clasificarán en categorías denominadas: Bajo, Medio y Alto.

Dichas categorías servirán como indicadores de la predominancia de un estilo particular en el perfil del estudiante. La especificidad de estas categorizaciones será expuesta con mayor detalle en secciones subsiguientes de este Proyecto de Investigación.

Es imperativo subrayar que un estudiante no se asocia exclusivamente con un singular Estilo de Aprendizaje. Al culminar el Cuestionario de Estilos de Aprendizaje de Grasha-Riechmann, se manifestarán múltiples estilos. Para cada estilo, se computará la media basada en las respuestas otorgadas a las interrogantes correspondientes.

Consecuentemente, se elaborará una tabla organizada en orden decreciente, en la cual el Estilo de Aprendizaje situado en la primera posición será identificado como el dominante, mientras que los subsiguientes serán designados como "Estilos de Aprendizaje Secundarios".

Tomemos, por ejemplo, un estudiante que completó la prueba y obtuvo los siguientes resultados ponderados:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 5.2 | 0.8 | 3.7 | 4.1 | 2.6 | 1.4 |
| Independiente | Evitativo | Colaborativo | Dependiente | Competitivo | Participativo |

Tabla 1: Simulación de Resultados de Cuestionario de Estilos de Aprendizaje de un Estudiante

Posteriormente, emplearemos una gráfica de carácter radial para ilustrar los resultados reflejados en la tabla previamente mencionada, previa comprensión de que (1) corresponde a Independiente, (2) se asocia a Evitativo, (3) representa a Colaborativo, (4) está vinculado a Dependiente, (5) designa a Competitivo, y (6) se refiere a Participativo.

Gráfica 1: Representación Radial de Resultados de Estilos de Aprendizaje

Es perceptible en la gráfica que los resultados atribuidos al estudiante para cada uno de los Estilos de Aprendizaje no corresponden a ningún individuo en particular, sino que son valores dentro del rango de generados de manera pseudoaleatoria [18] para simular un resultado de un estudiante que tomó la prueba.

Es imperativo no considerar estos datos como definitivos, puesto que constituyen una representación ilustrativa de la realidad, no una manifestación fiel de la misma.

No obstante, mediante esta gráfica radial, es posible discernir que ningún estudiante carece por completo de rasgos asociados a un Estilo de Aprendizaje específico; sin embargo, es probable que algunos de estos rasgos no se manifiesten de manera tan predominante como otros.

Por tal motivo, se recurre a este mecanismo de representación visual para facilitar una comprensión más precisa de dicha diversidad en los estilos de aprendizaje. Este aspecto será importante posteriormente cuando se tengan que formalizar las Reglas de Emparejamiento entre Estudiantes y Tutores.

#### **Estilos de Enseñanza para Tutores**

De igual forma, los Tutores, los cuales, a partir de la aplicación de Pruebas Psicométricas especializadas, las cuales han sido adaptadas para esta Proyecto de Investigación a manera que se permitan obtener los Estilos de Enseñanza de los Tutores [19] como son planteados del Modelo de Grasha-Riechmann, siendo estos:

* **Experto**
  1. **Descripción**: Como experto, soy una fuente confiable de información y conocimiento en mi área.
  2. **Características**:
     1. Tengo respuestas a las preguntas y dudas de mis estudiantes.
     2. Me esfuerzo por transmitir mi conocimiento de manera clara y concisa.
  3. **Técnicas Pedagógicas Recomendadas**:
     1. Organizo sesiones donde los estudiantes pueden hacerme preguntas directamente.
     2. Realizo mini-conferencias para abordar temas específicos.
     3. Proporciono lecturas y recursos adicionales para que los estudiantes profundicen.
* **Autoridad Formal**
  1. **Descripción**: Como Autoridad Formal, valoro la estructura y sigo un plan detallado en mis tutorías.
  2. **Características**:
     1. Siempre sigo un temario o plan preestablecido.
     2. Me aseguro de que cada sesión esté bien organizada y estructurada.
  3. **Técnicas Pedagógicas Recomendadas**:
     1. Uso esquemas o guías de estudio para mantener a todos en la misma página.
     2. Realizo pruebas o cuestionarios grupales para evaluar el progreso.
     3. Mantengo un seguimiento estructurado de los temas que abordamos.
* **Modelo Personal**
  1. **Descripción**: Como tutor personal, me enfoco en el crecimiento individual de cada estudiante.
  2. **Características**:
     1. Valoro y considero las experiencias y sentimientos de mis estudiantes.
     2. Busco que cada uno desarrolle sus habilidades personales y académicas.
  3. **Técnicas Pedagógicas Recomendadas**:
     1. Fomento discusiones abiertas donde cada estudiante pueda compartir.
     2. Propongo actividades de autoevaluación y reflexión.
     3. Realizo dinámicas de grupo para que todos compartan y aprendan juntos.
* **Facilitador**
  1. **Descripción**: Como facilitador, guío a mis estudiantes hacia el descubrimiento y aprendizaje autónomo.
  2. **Características**:
     1. Ayudo a los estudiantes a encontrar sus propias respuestas.
     2. Estoy allí para guiarlos, no para darles todas las respuestas.
  3. **Técnicas Pedagógicas Recomendadas**:
     1. Propongo estudios de caso para que los discutan y analicen en grupo.
     2. Fomento proyectos de investigación colaborativos.
     3. Utilizo el aprendizaje basado en problemas para que busquen soluciones juntos.
* **Delegador**
  1. **Descripción**: Como elegador, confío plenamente en la capacidad de mis estudiantes para dirigir su propio aprendizaje.
  2. **Características:**
     1. Delego responsabilidades y tareas a los estudiantes.
     2. Creo en la autonomía y capacidad de cada uno.
  3. **Técnicas Pedagógicas Recomendadas**:
     1. Asigno roles específicos a cada miembro del grupo.
     2. Propongo proyectos en los que ellos decidan el enfoque y resultados.
     3. Fomento presentaciones grupales donde cada uno aporte desde su perspectiva.

##### **Cuestionario de Inventario de Estilos de Enseñanza**

A continuación, presentaremos las preguntas que se le harán a los tutores a forma de obtener el Estilo de Enseñanza que estos tienen:

1. Tengo confianza en mi habilidad de aprender material importante del curso
2. A menudo me encuentro soñando despierto (a) durante clases.
3. Me gusta mucho trabajar con otros estudiantes en clases.
4. El material del curso tiene información válida y veraz.
5. Me parece necesario competir con otros estudiantes por la atención del profesor y resolver mis dudas antes que los demás.
6. Usualmente estoy dispuesto a aprender sobre el contenido dado en clase.
7. Mis pensamientos sobre el contenido usualmente son tan buenos como los que aparecen en el material.
8. Las actividades en el salón de clases me parecen aburridas.
9. Disfruto discutir ideas sobre el material de la clase con otros estudiantes.
10. Considero que los profesores saben exactamente lo que es importante aprender en un curso.
11. Siento que es necesario competir con otros estudiantes por la mejor nota
12. Siento que vale la pena atender las sesiones de clases presenciales.
13. Yo estudio lo que es importante para mí y no siempre lo que el profesor diga que es importante.
14. Muy raras veces me emociona el contenido explicado en clase.
15. Disfruto escuchar lo que otros estudiantes piensan sobre los temas discutidos en el salón de clases.
16. Los profesores deberían decir claramente lo que esperan de los estudiantes.
17. Cuando hay discusiones en clase, debo competir con los otros estudiantes para que mis ideas sean escuchadas.
18. Aprendo más del curso en el aula de clases que en casa.
19. La mayoría de los temas explicados los aprendí por mi cuenta.
20. Generalmente siento que tengo que asistir a clases, aunque no quiera.
21. Pienso que los estudiantes pueden aprender más discutiendo sus ideas entre ellos.
22. Intento hacer mis tareas siguiendo al pie de la letra las instrucciones del profesor.
23. Los estudiantes deben volverse competitivos para tener un buen rendimiento en la escuela.
24. Los estudiantes tenemos la responsabilidad de sacarle el mayor provecho a las herramientas y recursos educativos que se nos dan en clases.
25. Puedo identificar por mí mismo, los temas importantes del material de clases.
26. Prestar atención durante una sesión de clases es difícil para mí.
27. Me gusta estudiar para exámenes con otros estudiantes.
28. Profesores que dejan que los estudiantes hagan lo que quieran, no están realizando su trabajo.
29. Me gusta obtener las respuestas de problemas o preguntas antes de que alguien más pueda.
30. Las actividades del salón son generalmente interesantes.
31. Me gusta desarrollar mis propias ideas sobre los temas dados en clases.
32. Me he rendido de intentar aprender durante las clases presenciales.
33. Las ideas de otros estudiantes me ayudan a entender el material del curso
34. Los estudiantes deben ser supervisados por profesores en todos los proyectos del curso.
35. Para estar un paso más adelante, es necesario pasar por encima de los demás estudiantes.
36. Yo trato de participar lo más posible en todos los aspectos del curso.
37. Tengo mis propias ideas de cómo las clases deberían ser presentadas.
38. En la mayoría de mis materias estudio solo lo suficiente para pasar.
39. Una parte importante de tomar materias es aprender a convivir con otras personas.
40. Mis apuntes contienen casi todo lo que el profesor ha dicho en clases.
41. Los estudiantes pierden la oportunidad de una nota cuando comparten sus apuntes e ideas.
42. Completo las asignaciones de la materia sin importar si me parecen interesantes o no.
43. Si me gusta un tema, usualmente investigo por mi cuenta.
44. Normalmente estudio intensamente antes de los exámenes.
45. Aprender debería ser un esfuerzo cooperativo entre los estudiantes y la escuela.
46. Prefiero sesiones de clases que estén altamente organizadas.
47. Para sobresalir en clases, trato de hacer las asignaciones mejor que los demás estudiantes.
48. Yo completo las asignaciones apenas son entregadas.
49. Yo prefiero trabajar en proyectos relacionados con las clases (Estudiar para exámenes, hacer tareas, étc.) por mi cuenta.
50. Me gustaría que los profesores me ignoraran en clases.
51. Dejo que los otros estudiantes tomen prestados mis apuntes cuando los piden
52. Los profesores deberían decirles a los estudiantes exactamente qué material se va a cubrir en un examen.
53. Me gusta saber el rendimiento de los otros estudiantes en las asignaciones y exámenes.
54. Yo completo las asignaciones que son para nota, tanto como las que son opcionales.
55. Cuando no entiendo algo, trato de averiguar por mi cuenta antes de buscar ayuda.
56. Durante clases, tiendo a hablar o bromear con las personas que están cerca de mí.
57. Participar en grupos pequeños de clases es algo que disfruto.
58. Yo pienso que las anotaciones e indicaciones del profesor en el tablero son de mucha ayuda.
59. Le pregunto a otros estudiantes en clases qué notas recibieron en los exámenes y asignaciones.
60. En mis clases usualmente me siento en los puestos que están más adelante en el salón.

Como se ha presentado, fueron identificados cinco Estilos de Enseñanza, y cada uno está asociado con un conjunto específico de preguntas:

1. **Experto**: Preguntas 1, 6, 11, 16, 21, 26, 31 y 36.
2. **Autoridad Formal**: Preguntas 2, 7, 12, 17, 22, 27, 32 y 37.
3. **Modelo Personal**: Preguntas 3, 8, 13, 18, 23, 28, 33 y 38.
4. **Facilitador**: Corresponde a las Preguntas 4, 9, 14, 19, 24, 29, 34 y 39.
5. **Delegador**: Preguntas 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 40.

Para determinar el Estilo de Enseñanza predominante de un tutor, es necesario totalizar las respuestas dadas para cada estilo. Las respuestas se ponderan de acuerdo con los siguientes valores numéricos:

1. Totalmente en Desacuerdo (1)
2. Moderadamente en Desacuerdo (2)
3. Indeciso (3)
4. Moderadamente de Acuerdo (4)
5. Totalmente de Acuerdo (5)

Inicialmente, se suman los puntajes proporcionados por el tutor para cada estilo, teniendo en cuenta las preguntas específicas de cada uno. Posteriormente, se calcula el promedio de estas sumas.

A continuación, presentaremos las ecuaciones que permiten obtener la mencionada Medida de Tendencia Central, como lo es el Promedio.

Ecuación 3: Sumatoria de las respuestas a cada pregunta ingresada por el tutor

Nuevamente, como se realizó con el Estilo de Aprendizaje de los Estudiantes, con una precisión de 3 a 5 decimales, se determina un promedio específico, esto de manera que se pueda asignar un Estilo de Enseñanza a cada tutor.

Ecuación 4:Cálculo del Estilo de Enseñanza de un Tutor (PSE)

De manera análoga al procedimiento realizado con los estudiantes, se reconoce que, en el caso de los tutores, si bien es cierto que pueden exhibir un estilo de enseñanza dominante, la mecánica de la prueba de Grasha-Riechmann y su análisis ponderado permiten la manifestación de otras aproximaciones correspondientes a diferentes estilos de enseñanza “Secundarios” o “No Dominantes” que un tutor puede manifestar.

Para ilustrar esto, simularemos un caso en el que un tutor ha completado esta prueba y ha obtenido los siguientes resultados ponderados:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 3.72 | 1.29 | 4.85 | 0.47 | 2.16 |
| Experto | Autoridad Formal | Modelo Personal | Facilitador | Delegador |

Tabla 2: Simulación de Estilos de Enseñanza de un Tutor

A partir de esta tabla, pudiésemos establecer que para este “Tutor Simulado”, con números pseudo aleatorios en el rango de que existe un Estilo de Enseñanza “Dominante” para este Tutor, que sería el estilo de “Modelo Personal”.

De analizarlo, símil como se hizo con los Estudiantes y sus Estilos de Aprendizaje; obtendremos el hecho ya mencionado que “Todos los tutores tienen un poco de cada uno de los Estilos de Enseñanza que existen”.

Gráfica 2: Representación Radial de los Estilos de Enseñanza de un Tutor

Con este tipo de gráficas radiales, podemos representar de una manera más abierta la perspectiva del “Espectro de Estilos de Enseñanza”, mencionado por algunos autores [20] al momento de describir ¿Cómo es un docente?, en nuestro caso Tutor.

## **Adaptación al Formato de #PilandoAndo**

Las descripciones anteriormente mencionadas, serán adaptadas directamente al formato de #PilandoAndo, donde la figura del docente tradicional se sustituye por un tutor, y aunque no se referencia directamente a un estudiante, se utiliza el término "tutorado".

Para facilitar la comunicación, se adoptarán los términos "Tutor" y "Estudiante", permitiendo así la aplicación de pruebas psicométricas para automatizar la asignación entre ambos, conforme a ciertas reglas predeterminadas.

En una exploración detallada de las entidades "Tutor" y "Estudiante", se identifican los siguientes atributos, que servirán como conjunto de datos para un análisis posterior en un Emparejamiento Aproximado entre Estudiantes y Tutores en las Intervenciones Educativas Masivas de la Fundación Ayudinga:

* **Estudiante**: Edad, Sexo, Nivel Académico y Estilo de Aprendizaje.
* **Tutor**: Edad, Sexo, Nivel Académico, Estilo de Enseñanza.

Estos datos fueron recopilados durante las sesiones de tutoría en matemáticas realizadas en colaboración con el Canal de Panamá (ACP) durante el receso académico de 2023.



Figura 6: Sesiones de Tutoría de #PilandoAndo en Verano 2023

Se buscará asignación más precisa entre estudiantes y tutores, a quienes referiremos como y , respectivamente.

### **Método de Clústers de Estilos**

Una vez ya conocemos el origen teórico y práctico de cada uno de los Estilos de Aprendizaje para el y los Estilos de Enseñanza para el procederemos a hacer una agrupación en Clústers.

Dicho modelo fue planteado por el Dr. Grasha [21, p. 144] en 1994, donde se estableció que cada uno de los Tutores podían ser agrupados en un determinado “Clúster de Estilos de Enseñanza”.

De esta manera se generaron 4 (cuatro) Clústers, los cuales procederemos a explorar a continuación:

|  |  |
| --- | --- |
| **Clúster 1** | |
| **Estilo Primario** | Experto/Autoridad Formal |
| **Estilo Secundario** | Modelo Personal/Facilitador/Delegador |

*Tabla 3: Clúster 1 de Estilos de Enseñanza*

|  |  |
| --- | --- |
| **Clúster 2** | |
| **Estilo Primario** | Experto/Modelo Personal/Autoridad Formal |
| **Estilo Secundario** | Facilitador/Delegador |

*Tabla 4: Clúster 2 de Estilos de Enseñanza*

|  |  |
| --- | --- |
| **Clúster 3** | |
| **Estilo Primario** | Experto/Facilitador/Modelo Personal |
| **Estilo Secundario** | Autoridad Formal/Delegador |

*Tabla 5: Clúster 3 de Estilos de Enseñanza*

|  |  |
| --- | --- |
| **Clúster 4** | |
| **Estilo Primario** | Experto/Facilitador/Delegador |
| **Estilo Secundario** | Autoridad Formal/Modelo Personal |

*Tabla 6: Clúster 4 de Estilos de Aprendizaje*

Buscando establecer una correlación para los Estilos de Enseñanza y los Estilos de Aprendizaje de los estudiantes, en un Análisis realizado en diversas universidades chilenas en 2016 [22], se planteó un “Modelo Integrado” que permitiría establecer un nivel de correlación entre entre estudiantes y tutores.

Con base en un estudio posterior desarrollado por el Dr. Grasha en 1995 [23], se propuso un modelo que se detalla en los siguientes “Clústers Integrados de Estilos de Enseñanza y Estilos de Aprendizaje”.

|  |  |
| --- | --- |
| **Clúster Integrado #1** | |
| **Estilo de Enseñanza** | Experto/Autoridad Formal |
| **Estilo de Aprendizaje** | Dependiente/Participativo/Competitivo |

*Tabla 7: Clúster Integrado #1 entre Estilos de Enseñanza y Estilos de Aprendizaje*

|  |  |
| --- | --- |
| **Clúster Integrado #2** | |
| **Estilo de Enseñanza** | Modelo Personal/Experto/Autoridad Formal |
| **Estilo de Aprendizaje** | Participativo/Dependiente/Competitivo |

*Tabla 8: Clúster Integrado #2 entre Estilos de Enseñanza y Estilos de Aprendizaje*

|  |  |
| --- | --- |
| **Clúster Integrado #3** | |
| **Estilo de Enseñanza** | Facilitador/Modelo Personal/Experto |
| **Estilo de Aprendizaje** | Colaborativo/Participativo/Independiente |

*Tabla 9:Clúster Integrado #3 entre Estilos de Enseñanza y Estilos de Aprendizaje*

|  |  |
| --- | --- |
| **Clúster Integrado #4** | |
| **Estilo de Enseñanza** | Delegador/Facilitador/Experto |
| **Estilo de Aprendizaje** | Independiente/Colaborativo/Participativo |

*Tabla 10:Clúster Integrado #4 entre Estilos de Enseñanza y Estilos de Aprendizaje*

La implementación de este método se determinará en función de los resultados obtenidos por los estudiantes al someterse al Inventario de Estilos de Aprendizaje de Grasha-Riechmann.

## **Modelado Matemático del Problema**

Ante esto, emerge la pregunta de investigación: ¿Cómo podemos emparejar a un Tutor con un Estudiante en una intervención educativa masiva de la Fundación Ayudinga?

Utilizando como base las Restricciones de Dominio mencionadas, se evaluarán mediante análisis "Post-Mortem" de las sesiones de tutorías masivas de la Fundación Ayudinga, recopiladas verbalmente por tutores, voluntarios logísticos y acudientes.

Una forma de modelar la situación es mediante la Teoría de Grafos, que consiste en un conjunto de vértices (nodos) y un conjunto de aristas que conectan estos vértices.

En este contexto, los vértices pueden representar a las entidades , y las aristas establecen la relación existente entre ellas.

La formalización matemática de “Encontrar la persona a la que otra persona tenga una mayor afinidad y en caso de que se encuentren disponibles”, se define como un caso de Emparejamiento [24], que es una función matemática que establece una correspondencia uno a uno.

Dado un (denominado Tutores) y un (denominado Estudiantes), se buscará un emparejamiento aproximado entre los elementos de los subconjuntos, definiendo una función (Uno a Uno) para y .

En el (tutores disponibles) y el (estudiantes disponibles), no existe una función que establezca esta relación de manera directa.

### **El Problema de los Matrimonios Estables**

Para ello, se utilizarán los principios relacionados al Algoritmo Gale - Shapley, el cual nace a partir de la formalización matemática del “Problema de los Matrimonios Estables” [25] que consiste en que se tienen dos grupos conformados por hombres y mujeres.

Siendo los nombres de las mujeres definidos por la siguiente lista mientras que los hombres están definidos por la lista }.

Una definición del problema establece que, dada cantidad de hombres con cantidad de mujeres, donde cada una de las personas pertenecientes a los conjuntos ha establecido una lista de prioridades de los miembros del otro conjunto de su preferencia

Dado que dos personas {Hombres y Mujeres} de un grupo pueden casarse dado que pertenecen a siguientes conjuntos, sin embargo, su matrimonio puede considerarse como “No Estable”, ya que alguno de ellos no desea estar con la otra persona en cuestión.

Estableciendo una notación matemática para su definición, denotaremos que existen dos hombres , mientras que también existen dos mujeres . La lista de preferencias para es , mientras que la lista de preferencias para w1 es y la lista de preferencias de es .

El emparejamiento de no será estable, dado que m1 y w2 tienen otras preferencias.

Se desea buscar una combinatoria de estos dos conjuntos, estableciendo las preferencias de cada uno de los miembros de ellos para que sea un emparejamiento estable, por lo que se puede determinar que y es estable.

Dado que estas fueron las preferencias iniciales establecidas por ambos conjuntos, por lo que, con la aplicación del Algoritmo de Gale Shapley, se puede obtener un Matrimonio Estable.

El Algoritmo de Gale – Shapley es comúnmente utilizado como una herramienta matemática para establecer un sistema en el que cualquier persona, sea capaz de encontrar a la persona que por la que mayor afinidad tiene dentro de un conjunto de otras personas que se encuentran disponibles.

### **Definición de Conjuntos y Subconjuntos**

Siendo el caso en cuestión de un Estudiante () que tiene una multiplicidad de Tutores () disponibles y se le asignará el óptimo.

Sin embargo, a manera de que podamos abordar esto con lujo de detalle en este Proyecto de Investigación, se convierte en un imperativo matemático; no únicamente analizar y definir los dos conjuntos principales, sino conocer que, dentro de cada uno de ellos, existen dos subconjuntos.

Todos los tienen asociados un Subconjunto en el que se expresan los Estilos de Aprendizaje que se han obtenido a partir de la prueba psicométrica que se les fue aplicada a estos de manera inicial.

Importante mencionar, que independientemente de que un Estilo de Aprendizaje pueda ser más dominante o no para un elemento del , esto no eliminará la posibilidad de que tenga a tendencias hacia otros Estilos de Aprendizaje.

Más aun considerando modelos en los que se establecen niveles Bajos, Altos y Medios para cada Estilo de Aprendizaje, pero dicho detalle específico no formará parte del análisis que realizaremos en este Proyecto de Investigación.

De igual forma todos los tendrá asociados un Subconjunto en el que representarán los Estilos de Enseñanza que un tutor puede llegar a tener, siempre tomando en cuenta el estilo dominante.

Importante es desarrollar una Matriz de Preferencias, a la cual llamaremos , donde cada una de sus filas represente a un y cada columna a un , es decir cada fila representa a un Estudiante y cada Columna a un Tutor.

En dicha matriz, existirá un elemento que indicará el grado de preferencia de un Estudiante hacia un tutor , basado de esta manera en la compatibilidad que pueda o no existir entre y .

### **Resumen del Modelo Matemático**

#### **Conjuntos**

* : Conjunto de estudiantes
* T: Conjunto de tutores

#### **Subconjuntos**

* : Subconjunto que representará los estilos de aprendizaje de un estudiante perteneciente a .
* : Subconjunto que representa los estilos de enseñanza de un tutor perteneciente a .

#### **Matriz de Preferencias**

* : Matriz donde cada fila representa a un estudiante en y cada columna a un tutor en . El elemento ​ indica el grado de preferencia del estudiante hacia el tutor , basado en la compatibilidad entre ​ y ​.

# **Capítulo II: Metodología y Diseño del Experimento**

## **Metodología**

Todos los estudiantes y voluntarios de la Fundación Ayudinga así como el Canal de Panamá que aparecen como ilustraciones dentro del marco del documento de escrito de este Proyecto de Investigación, han cedido sus permisos de uso de imagen con fines no comerciales, sino meramente académicos a través de la firma digital del formulario denominado “Derechos de Uso de Imagen”, que se encuentran como parte de los anexos del mismo.

En la fase inicial de la elaboración de este Proyecto de Investigación, se planteó una cuestión fundamental: ¿Qué justificación subyace tras la decisión de incorporar tanto a estudiantes como a tutores en esta investigación?

La respuesta a este interrogante resultó ser particularmente iluminadora. Varios integrantes de #PilandoAndo, asociados a la Fundación Ayudinga y al Canal de Panamá, propusieron indagaciones adicionales, tales como: ¿En qué momento hemos consultado a los estudiantes acerca de sus preferencias y aspiraciones educativas? ¿De qué manera desean abordar su proceso de aprendizaje?

Esta línea de cuestionamiento condujo a una premisa que, en la actualidad, es objeto de profundo debate académico: la noción de que el sistema educativo, en su estructura actual, no está necesariamente orientado a potenciar el aprendizaje óptimo de los estudiantes.

Más bien, podría estar diseñado para ocultar sus deficiencias intrínsecas ante la observación del público general, según postulan ciertos autores especializados.[26]

### **Casuística Previa**

Dado que el desarrollo de este Proyecto de Investigación depende directamente de la Calidad de los Datos [27] que se presenten dentro de él, ya que se encuentra directamente acotado y sin margen para el error al tener rígidos modelos matemáticos que determinan la calidad de un posible Emparejamiento Aproximado entre Tutores y Estudiantes, el diseño del experimento desde su fase inicial involucra una serie de elementos teóricos y prácticos que hay que poner en funcionamiento simultáneamente.

Para ello, en las mencionadas “Conversaciones Post-Mórtem” de cada una de las sesiones de #PilandoAndo que la Fundación Ayudinga realiza en conjunto con la Autoridad del Canal de Panamá, se comenzó a conversar sobre ideas de ¿Cómo organizar a los estudiantes en los grupos de tutoría?



Figura 7 Equipo Logístico de #PilandoAndo

Los primeros criterios de inclusión y exclusión que se tomaron en cuenta fueron: Edad, Sexo, Nivel Académico, Conocimientos Previos e incluso si el estudiante contaba o no con habilidades especiales. Siendo este último caso sumamente importante, ya que el Tutor tenía que estar capacitado para poder guiar e instruir efectivamente a este tipo de estudiantes.

Sin embargo, el tema que resultó ser preponderante como un “Concepto que pudiese ser investigado”, fue buscarle el mejor tutor a cada estudiante o el mejor estudiante a cada tutor. Siempre manteniendo la regla de máximo 5-6 estudiantes por grupo de tutoría, a manera de aumentar la efectividad de la intervención.

### **Análisis Cualitativo de #PilandoAndo**

Desde el año 2020 hasta junio de 2023, la Fundación Ayudinga en colaboración con la Autoridad del Canal de Panamá llevó a cabo 28 sesiones conjuntas bajo el programa #PilandoAndo.

Estas sesiones, en su mayoría, estuvieron orientadas al fortalecimiento de competencias en Aritmética y Álgebra, dirigidas a estudiantes de 5to a 9no grado en la Ciudad de Panamá. Dichas actividades se desarrollaron en las instalaciones del Centro de Capacitaciones Ascanio Arosemena, perteneciente a la Autoridad del Canal de Panamá.

Al abordar la segunda edición de #PilandoAndoPaLaU (una subdivisión del programa #PilandoAndo con el propósito de preparar a los estudiantes para las pruebas de admisión de universidades públicas nacionales), se tomó la decisión de sostener encuentros preliminares con los tutores antes de cada sesión.

En estos encuentros, se les proporcionaba una introducción general y se establecían protocolos para la recolección de datos y la identificación de tendencias observadas en los estudiantes.

Posterior a cada sesión, se llevaban a cabo reuniones entre el Equipo de Logística de la Fundación Ayudinga y representantes de la Autoridad del Canal de Panamá, junto con los Tutores Voluntarios. En estas reuniones, los tutores compartían sus "Evaluaciones sobre el desempeño académico de los estudiantes".

Tras concluir las tres sesiones de #PilandoAndoPaLaU realizadas en junio del presente año, y con una muestra representativa de , los tutores reportaron ciertas observaciones y hallazgos respecto al comportamiento y rendimiento de sus estudiantes, las cuales se presentan a continuación:

1. Dificultades en la Comprensión Lectora al momento de la resolución de Problemas de Aplicación en Álgebra y Aritmética.
2. Problemas en la resolución de cuestiones matemáticas vinculadas a razones y proporciones.
3. Deficiencias en Ley de los Signos, Exponentes, Radicación, Suma y Resta de Fracciones y Cálculo del Mínimo Común Múltiplo (MCM).
4. Tendencia determinística, es decir los estudiantes siempre estaban enfocados en “Buscar cuál es la respuesta correcta, no analizar y comprender el proceso para llegar a encontrarla.

Resaltamos que los tutores nunca fueron instruidos desde un principio para que usasen como factores discriminantes a sus opiniones el Sexo (Masculino o Femenino) del Estudiante, Edad, ni tipo de Colegio del que este provenía.

Todos los estudiantes que formaron parte de este análisis cualitativo narrado por los mismos tutores tenían las siguientes características en común:

* Edades entre 16-20 años

# **Capítulo III: Arquitectura del Sistema**

# **Capítulo IV: Emparejamiento de Estudiantes y Tutores**

### **Reglas de Emparejamiento**

A partir de los datos arrojados por el estudiante, estos se clasificarán en una "Matriz de Preferencias". Es imperativo señalar que siempre habrá un Estilo de Aprendizaje predominante que se deducirá de los cálculos matemáticos previamente establecidos durante la administración de la prueba.

En un enfoque establecido por Grasha-Riechmann [17], donde clasifican la “Intensidad con la que ven reflejados en los estudiantes los Estilos de Aprendizaje en los niveles Bajo, Moderado o Alto, se observaron las siguientes bandas que servirán de base para establecer unas reglas de emparejamiento que serán la base de este Proyecto de Investigación.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Estilo de Aprendizaje** | **Bajo** | **Moderado** | **Alto** |
| **Independiente** | [1.0 – 2.7] | [2.8 – 3.8] | [3.9 – 5.0] |
| **Evitativo** | [1.0 – 2.7] | [2.8 – 3.4] | [3.5 – 5.0] |
| **Colaborativo** | [1.0 – 2.9] | [3.0 – 4.0] | [4.1 – 5.0] |
| **Dependiente** | [1.0 – 2.9] | [3.0 – 4.0] | [4.1 – 5.0] |
| **Competitivo** | [1.0 – 1.7] | [1.8 – 2.8] | [2.9 – 5.0] |
| **Participativo** | [1.0 – 3.0] | [3.1 – 4.1] | [4.2 – 5.0] |

Tabla 11:Clasificación de Estilos de Aprendizaje como Bajo, Moderado o Alto

Adicionalmente, se identificarán "Estilos de Aprendizaje Subalternos", tal como se evidenció en las Tablas 5, 6, 7 y 8. Estos estilos serán jerarquizados desde el más dominante hasta el menos dominante, basándose en su promedio numérico.

A forma de simplificación del Emparejamiento Aproximado, utilizaremos los contenidos de los Clústers Integrados y sus respectivas mediciones numéricas, en la que utilizaremos un enfoque basado en el Estudiante para que este pueda elegir al Tutor con el que se sienta más a fin.

Sin embargo, es importante recalcar que esto se puede hacer de manera inversa, es decir que el Tutor pueda elegir al Estudiante con el que se sienta más afín; pero, no existe una tendría que utilizar otros elementos cualitativos de emparejamiento, por lo que no se asegura la estabilidad de este [28].

Basado en lo presentado con anterioridad, entre los Clúster Integrados y la Tabla 9 en la que se clasifican los Estilos de Aprendizaje como Bajo, Moderado o Alto, presentamos las siguientes reglas de emparejamiento aproximado entre estudiantes y tutores en las intervenciones educativas masivas de la Fundación Ayudinga:

**1. Identificación y Clasificación**:

* Cada estudiante Tutor tomará la prueba de Grasha-Riechmann para determinar sus Estilos de Aprendizaje.
* Cada Tutor tomará la prueba de Grasha-Riechmann para determinar sus Estilos de Enseñanza.
* Clasificar los Estilos de Aprendizaje de cada estudiante en "Alto", "Moderado" y "Bajo" según la tabla proporcionada.
* Organizar a los tutores en grupos vacíos, denominados “Grupos”.

**2. Emparejamiento Directo**:

* Emparejar primero a los estudiantes cuyo Estilo de Aprendizaje "Alto" coincida directamente con el Estilo de Enseñanza dominante de un tutor.
* Llenar cada grupo de tutores con estos estudiantes hasta un máximo de 5 estudiantes por grupo.

**3. Emparejamiento Moderado**:

* Para los estudiantes restantes, buscar tutores cuyo Estilo de Enseñanza coincida con el Estilo de Aprendizaje "Moderado" del estudiante.
* Llenar gradualmente los grupos de tutores con estos estudiantes, asegurándose de distribuirlos equitativamente entre los tutores disponibles.

**4. Emparejamiento con Matriz de Preferencias**:

* Utilizar la Matriz de Preferencias P para determinar las mejores coincidencias para los estudiantes restantes.
* Llenar gradualmente los grupos de tutores con estos estudiantes, distribuyéndolos equitativamente entre los tutores disponibles.

**5. Restricciones**:

* Un Tutor puede brindar clases de Reforzamiento Académico a múltiples Estudiantes (Relación 1: N).
* Si durante el proceso de emparejamiento, un Tutor no coincide con más de un Estudiante, la relación será 1:1.
* Un Estudiante solo puede recibir clases de Reforzamiento Académico de un Tutor (Relación 1:1).
* No todos los Estudiantes pueden ser asistidos por cualquier Tutor debido a la posible discrepancia entre los Estilos de Aprendizaje y Enseñanza.
* Para una tutoría eficaz, un Tutor puede manejar grupos de 5 estudiantes como máximo.
* Los tutores estarán organizados por mesas, que de ahora en adelante se llamarán “Grupos”.

**6. Revisión y Ajustes**:

* Una vez que todos los grupos estén llenos o todos los estudiantes hayan sido emparejados, revisar las asignaciones para asegurarse de que no haya discrepancias significativas en la distribución de estudiantes entre los tutores.
* Si es necesario, hacer ajustes menores para equilibrar los grupos, siempre priorizando la compatibilidad entre Estilos de Aprendizaje y Enseñanza.

Estas reglas de emparejamiento proporcionan un marco estructurado y detallado para garantizar que los estudiantes y tutores sean emparejados de manera óptima según sus Estilos de Aprendizaje y Enseñanza, respetando las restricciones y prioridades establecidas.

### **Simulación Teórica**

A continuación, utilizaremos los elementos matemáticos que ya han sido definidos previamente, para crear un Emparejamiento Aproximado entre y .

Cabe resaltar estos son estudiantes y tutores totalmente fficticios, por lo que no contamos con la Matriz de Preferencias (P) de cada uno de ellos, dado que ninguno de ello ha hecho la Prueba de Grasha-Riechmann para Estilos de Aprendizaje o Enseñanza, por lo que se asumirá un entorno en el que todos los estudiantes y tutores están libres inicialmente.

Aplicaremos una versión adaptada del Algoritmo Gale-Shapley a Estudiantes y Tutores, conociendo que puede llegar a existir una reafirmación positiva [29] de parte de estas dos entidades al momento de aplicarlo, ya genera un mejor entorno de .

Todos los estudiantes y tutores están libres, ninguno de ellos ha sido emparejados con el otro.

**Primera iteración**

* El propone a (Su primera elección), en la que acepta de manera temporal.
* El propone a (Su primera elección), en la que acepta temporalmente.
* El propone a (Su primera elección). Sin embargo, ya tiene una propuesta del , la cual prefiere sobre la propuesta de ; dado esta situación, la propuesta de es rechazada.
* El propone a (Su primera elección) y lo acepta de forma temporal.
* El propone a (Su primera elección). Empero, ya tiene una propuesta de , que prefiere sobre la propuesta de , ocasionando que sea rechazado.

**Segunda iteración**

* propone a (Su segunda elección) y este acepta temporalmente.
* propone a (Su segunda elección). Sin embargo, ya tiene una propuesta de E4 que prefiere directamente sobre la propuesta de , por lo que es rechazado por .

**Tercera Iteración**

* propone a (Su tercera elección), donde acepta temporalmente.

Todos los estudiantes que han propuesto a los tutores ya se encuentran emparejados aproximadamente.

***Resultado de la Simulación***

* está emparejado con .
* está emparejado con .
* está emparejado con .
* está emparejado con .
* está emparejado con .



Esta es una simulación teórica con fines meramente académico, ya que no presenta un objetivo más que el de ejemplificar gráficamente ¿Cómo sería un emparejamiento Aproximado entre los elementos de los Conjuntos T y E utilizando el Algoritmo de Gale-Shapley como base teórica? [30]

Se reconoce que existen otros Algoritmos de Emparejamiento [24], los cuales tienen su principal origen en la Investigación de Operaciones con los problemas de Asignación de Recursos, que es básicamente una analogía esencial que permite comprender el fin último de este Proyecto de Investigación: Buscar el mejor estudiante para cada tutor y viceversa.

A continuación, haremos una nueva simulación teórica en la ya hemos podido establecer las Reglas de Emparejamiento que utilizaremos a lo largo de este Proyecto de Investigación, apliquémosla a este caso.

Supongamos que tenemos un estudiante ​ y un tutor ​.

**Resultados del Cuestionario de Estilo de Aprendizaje del estudiante ​:**

* Independiente: 4.5
* Evitativo: 2.0
* Colaborativo: 4.0
* Dependiente: 3.0
* Competitivo: 2.5
* Participativo: 4.7

Por lo tanto, el subconjunto ​​ para el estudiante ​ es {Independiente, Colaborativo, Participativo} ya que son los estilos con las puntuaciones más altas.

**Resultados del Cuestionario de Estilos de Enseñanza del tutor :**

* Experto: 4.2
* Autoridad Formal: 3.4
* Modelo Personal: 2.4
* Facilitador: 4.1
* Delegador: 3.6

Por lo tanto, el subconjunto ​​ para el tutor ​ es {Experto, Facilitador} ya que son los dos estilos con las calificaciones más altas.

**Emparejamiento:**

Para determinar el grado de preferencia del estudiante ​ hacia el tutor ​, debemos considerar la compatibilidad entre ​​ y ​​.

Supongamos que, basado en las reglas de emparejamiento proporcionadas:

* El estilo "Independiente" del estudiante es compatible con el estilo "Experto" del tutor.
* El estilo "Colaborativo" del estudiante es compatible con el estilo "Facilitador" del tutor.
* El estilo "Participativo" del estudiante es compatible con el estilo "Delegador" del tutor.

Dado que ​ tiene dos estilos (Experto y Facilitador) que son compatibles con ​, el elemento ​ de la matriz de preferencias será alto, indicando una alta preferencia del estudiante ​ hacia el tutor ​.

El estudiante y el tutor son compatibles basados en sus estilos de aprendizaje y enseñanza respectivamente. Por lo tanto, se recomendaría emparejar a ​ con ​ para obtener un proceso de aprendizaje efectivo.

Es imperativo subrayar que el presente modelo constituye una representación teórica y esquemática. En aplicaciones prácticas, sería esencial contemplar una matriz de preferencias de mayor envergadura y emplear un algoritmo de emparejamiento más avanzado y meticuloso para discernir las combinaciones óptimas entre estudiantes y tutores.

Es crucial enfatizar que ejemplificaciones como la presente, concernientes al emparejamiento entre estudiantes y tutores en las intervenciones educativas de la Fundación Ayudinga, trascienden meramente el ámbito teórico.

# **Capítulo V: Análisis y Discusión de Resultados**

# **Conclusiones y Trabajos Futuros**

**Referencias Bibliográficas**

[1] Universidad Nacional de Colombia, “Teoría de Sistemas”.

[2] J. Heraclio Batista *et al.*, “Modelo Educativo AyuEduca2030”.

[3] M. Parker y P. Alfaro, “Education during the COVID-19 pandemic Access, inclusion and psychosocial support 104 STUDIES AND PERSPECTIVES ECLAC SUBREGIONAL HEADQUARTERS FOR THE CARIBBEAN”, 2030, [En línea]. Disponible en: www.cepal.org/apps

[4] L. A. R. Palacios, M. I. Guifarro, y L. M. C. García, “Difficulties in learning algebra, a study with standardized tests”, *Bolema - Mathematics Education Bulletin*, vol. 35, núm. 70, pp. 1016–1033, 2021, doi: 10.1590/1980-4415v35n70a21.

[5] J. E. Galvis, “Didáctica para la enseñanza de la aritmética y el algebra”.

[6] S. Didácticas y E. Matemáticas, *Programa fortalecimiento de la cobertura con calidad para el sector educativo rural PER II*. [En línea]. Disponible en: www.mineducacion.gov.co

[7] A. Trehan, “Codd’s Twelve Rules Rules that make a RDBMS”, 2003.

[8] F. Alegre, L. Moliner, A. Maroto, y G. Lorenzo-Valentin, “Peer tutoring and mathematics in secondary education: literature review, effect sizes, moderators, and implications for practice”, 2017, doi: 10.1016/j.heliyon.2019.e02491.

[9] C. R., . C., . J., . P., y . M., “Estilos de enseñanza y estilos de aprendizaje en educación superior: Análisis de las preferencias de estudiantes de Pedagogía en Inglés en tres universidades chilenas”, *Revista Electrónica Educare*, vol. 20, pp. 1–29, 2016, [En línea]. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=194146862007

[10] C. R., . C., . J., . P., y . M., “Estilos de enseñanza y estilos de aprendizaje en educación superior: Análisis de las preferencias de estudiantes de Pedagogía en Inglés en tres universidades chilenas”, *Revista Electrónica Educare*, vol. 20, pp. 1–29, 2016, [En línea]. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=194146862007

[11] M. Tuñón, “Capítulo 2 Definición y Construcción de Modelos”, 2022.

[12] T. Grasha y S. Hruska, “Grasha-Reichmann Student Learning Style Scales Inventory”.

[13] S. Hui Sim, M. Effendi Ewan Mohd Matore, y S. Jenis Kebangsaan Cina Kepong, “The relationship of Grasha-Riechmann Teaching Styles with teaching experience of National-Type Chinese Primary Schools Mathematics Teacher”, 2022, doi: 10.3389/fpsyg.2022.1028145.

[14] M. J. Provitera, “Learning And Teaching Styles In Management Education: Identifying, Analyzing, And Facilitating”, 2008. [En línea]. Disponible en: http://longleaf.net/teachingstyle.html

[15] G. González Gutiérrez y S. Andrés González Ardila, “Estilos de enseñanza según Antonhy Grasha presentes en la práctica pedagógica de un grupo de estudiantes del Programa Licenciatura en Lengua Castellana Inglés y Francés de la Universidad de La Salle”. [En línea]. Disponible en: https://ciencia.lasalle.edu.co/lic\_lenguas

[16] T. Thi-Kim Le Ho Chi, “Project-based Learning in 21st Century: A Review of Dimensions for Implementation in University-level Teaching and Learning”, 2018. [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/352977987

[17] P. Kumar, A. Kumar, y K. Smart, “Issues in Informing Science and Information Technology Assessing the Impact of Instructional Methods and Information Technology on Student Learning Styles”.

[18] D. DiCarlo, “RANDOM NUMBER GENERATION 2 Acceptance of Senior Honors Thesis”.

[19] M. Rosa y R. Fernández, “Estilos de enseñanza y estilos de aprendizaje: implicaciones para la educación por ciclos”. [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/277795807

[20] Z. H. Gao, “Teaching Physical Education Using the Spectrum of Teaching Style: Introduction to Mosston’s Spectrum of Teaching Style”, 2012.

[21] A. F. Grasha, “A Matter of Style: The Teacher as Expert, Formal Authority, Personal Model”, 1994.

[22] C. Rojas-Jara, C. Díaz-Larenas, J. Vergara-Morales, P. Alarcón-Hernández, y M. Ortiz-Navarrete, “Estilos de enseñanza y estilos de aprendizaje en educación superior: Análisis de las preferencias de estudiantes de Pedagogía en Inglés en tres universidades chilenas”, *Revista Electrónica Educare*, vol. 20, núm. 3, p. 1, sep. 2016, doi: 10.15359/ree.20-3.7.

[23] A. F. Grasha, “Essays on Teaching Excellence Toward the Best in the Academy Teaching With Style: The Integration of Teaching and Learning Styles in the Classroom”. [En línea]. Disponible en: www.podnetwork.org

[24] Z. Han, Y. Gu, y W. Saad, “Fundamentals of Matching Theory”, en *Matching Theory for Wireless Networks*, Z. Han, Y. Gu, y W. Saad, Eds., Cham: Springer International Publishing, 2017, pp. 9–15. doi: 10.1007/978-3-319-56252-0\_2.

[25] L. Zhou, “Stable matchings and equilibrium outcomes of the Gale-Shapley’s algorithm for the marriage problem”, *Econ Lett*, vol. 36, núm. 1, pp. 25–29, may 1991, doi: 10.1016/0165-1765(91)90050-U.

[26] J. Bosco Bernal, “La educación panameña y sus principales desafíos”.

[27] C. Deliotte, “Calidad de Datos en la era del Big Data”.

[28] J. Kleinberg y Éva Tardos, “Algorithm Design”, 2005.

[29] F. Charles, M. Rutgers, U. And, B. Mccurdy, y E. A. Quigley, “A COLLATERAL EFFECT OF REWARD PREDICTED BY MATCHING THEORY”.

[30] B. K. Martens, “Contingency and Choice: The Implications of Matching Theory for Classroom Instruction”, 1992.

# **Anexos**