

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA
SANTIAGO - CHILE



“IMPLEMENTACIÓN Y ESCALABILIDAD DE UN SISTEMA
DE RECOMENDACIÓN DE COLEGIOS EN CHILE, BASADO
EN FACTORIZACIÓN MATRICIAL PARA UNA ELECCIÓN
EDUCATIVA INFORMADA”

JAVIERA CAROLINA CÁRDENAS JORQUERA

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL EN INFORMÁTICA

Profesor Guía: Julio Andrés Sotelo Parraguez
Profesor Correferente: José Luis Martí Lara

Julio - 2024

DEDICATORIA

Dedico esta memoria a mi abuela Sonia, cuyo amor, cuidado y apoyo incondicional me permitieron alcanzar mi meta de estudiar esta carrera. Gracias a su constante preocupación por mi bienestar desde que era niña, pude realizar mis sueños y convertir mis aspiraciones en realidad. Su ejemplo y fortaleza han sido fundamentales en cada paso de este camino.

AGRADECIMIENTOS

Realmente me cuesta asimilar que estoy tan cerca de terminar mi carrera que quise estudiar desde que iba en Básica, por lo que me gustaría agradecer a todas las personas que me han apoyado durante este camino.

Primero, quiero expresar mi profunda gratitud a mis padres, Nilda y Eugenio. Su apoyo incondicional a lo largo de este largo camino ha sido fundamental para mi éxito. A mi hermano Ignacio, quiero agradecerle por su invaluable ayuda cuando no entendía alguna materia, por tener la paciencia de aguantarme hasta altas horas de la noche mientras estudiaba, y por ser un pilar de apoyo en momentos de duda.

Especialmente, quiero dedicar un agradecimiento muy especial a mi abuela Sonia o Yaya. Desde que era una niña, has estado ahí para cuidarme y asegurarte de que siempre estuviera bien. Tu dedicación y preocupación por mi bienestar me permitieron enfocarme en mis estudios y perseguir mi sueño de estudiar esta carrera. Has sido un ejemplo de amor y fortaleza, apoyándome incondicionalmente sin importar las circunstancias. Tu perseverancia y apoyo han sido esenciales para que pudiera llegar hasta aquí, y por ello, siempre estaré agradecida.

A mi pareja, Nicolás, gracias por ser un apoyo constante, por siempre darme ánimos, y celebrar mis logros. Tu amor, tu comprensión y la felicidad que aportas a mi vida son invaluable, especialmente en los momentos de mayor estrés. No solo has sido mi compañero, sino también mi refugio y mi fuente de fortaleza. Tu paciencia y cariño me han ayudado a superar los desafíos más difíciles.

La universidad me permitió conocer a muchas personas, en especial a Mauricio, Martín, Joaquín, Octavio, Leandro, Sarubbi, Andrés, JP, Carlos, Sofia, Camila, Yuyo y muchos mas. que conocí durante estos casi 6 años son personas maravillosas que han alegrado infinitamente mis días durante este camino. Muchos de ellos confiaron en mí, me brindaron oportunidades muy valiosas, se tomaron el tiempo de enseñarme y guiarme con consejos. Agradezco a mis amigos, tanto a los que están presentes como a los que estuvieron. Sin ellos, no hubiera sido lo mismo.

Agradezco a los profesores, en especial a mi profesor guía Julio Sotelo que me guió durante esta etapa final, agradezco por sobre todo la paciencia por ayudarme a mantenerme enfocada en el desarrollo de mi memoria y por su gran disposición que me dio la confianza para saber que siempre pude confiar con usted durante esta etapa y a muchos mas que guiaron a lo largo de toda la carrera como los profesores Jorge Díaz y Viktor Tapia que siempre agradeceré las oportunidades que me dieron y la seguridad para aplicar mis conocimientos siendo su ayudante por mas de un año.

A todos los que me han apoyado durante este proceso, muchas gracias.

RESUMEN

Resumen— Este proyecto se centra en la implementación y escalabilidad de un sistema de recomendación de colegios en Chile, basado en técnicas de factorización matricial. El sistema tiene como objetivo proporcionar una herramienta objetiva y eficiente que asista a los padres y estudiantes en la elección de un establecimiento educativo adecuado. Se han utilizado datos del Ministerio de Educación (MINEDUC) y del Departamento de Evaluación, Medición y Registro Educacional (DEMRE) para crear un dataset robusto. El sistema de recomendación se implementó utilizando la librería TensorFlow Recommenders y se desarrollaron visualizaciones geográficas interactivas con Folium y OpenRouteService. Los resultados indican que el sistema es efectivo en ciudades con una mayor cantidad de establecimientos, pero en ciudades más pequeñas es necesario flexibilizar los criterios para obtener recomendaciones. Además, se propone comparar las recomendaciones del sistema con las postulaciones del Sistema de Admisión Escolar (SAE) e implementar el sistema en una página web para un mayor acceso.

Palabras Clave—Sistema de Recomendación; Educación; Factorización Matricial; Chile; Visualizaciones Geográficas.

ABSTRACT

Abstract—This project focuses on the implementation and scalability of a school recommendation system in Chile, based on matrix factorization techniques. The system aims to provide an objective and efficient tool to assist parents and students in choosing a suitable educational institution. Data from the Ministry of Education (MINEDUC) and the Department of Educational Evaluation, Measurement, and Registration (DEMRE) were used to create a robust dataset. The recommendation system was implemented using TensorFlow Recommenders, and interactive geographic visualizations were developed with Folium and OpenRouteService. The results indicate that the system is effective in cities with a larger number of schools, but in smaller cities, criteria must be flexed to obtain recommendations. Additionally, it is proposed to compare the system's recommendations with applications from the School Admission System (SAE) and implement the system on a web page for greater access.

Keywords—Recommendation System; Education; Matrix Factorization; Chile; Geographic Visualizations.

GLOSARIO

DEMRE: Departamento de Evaluación, Medición y Registro Educativo

DI: Departamento de Informática.

MINEDUC: Ministerio de Educación

SAE: Sistema de Admisión Escolar

SIMCE: Sistema de Medición de la Calidad de la Educación

PSU: Prueba de Selección Universitaria

UTFSM: Universidad Técnica Federico Santa María.

Contents

RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
GLOSARIO	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	2
1.1 CONTEXTO	2
1.2 SITUACIÓN ACTUAL	3
1.3 OBJETIVOS	5
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	5
1.3.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS	5
CAPÍTULO 2: MARCO CONCEPTUAL	6
2.1 SISTEMAS DE RECOMENDACIÓN	6
2.2 FACTORIZACIÓN MATRICIAL	6
2.3 ALGORITMOS DE RECOMENDACIÓN	8
2.3.1 ALGORITMOS DE CONTENIDO	9
2.3.2 ALGORITMOS COLABORATIVOS	10
2.3.3 ALGORITMOS HÍBRIDOS	11
2.4 TRABAJO ANTERIOR	11
2.5 DATOS	12
CAPÍTULO 3: PROPUESTA DE SOLUCIÓN	13
3.1 PROCESAMIENTO DE DATOS	13
3.1.1 LIMPIEZA DE DATOS POR NIVEL	13
3.1.2 CONSOLIDACIÓN DE CONJUNTO DE DATOS Y CREACIÓN DEL DIRECTORIO FINAL	15
3.2 GENERACIÓN DE VISUALIZACIONES GEOGRÁFICAS	18
3.3 RECOMENDACIÓN DE ESTABLECIMIENTOS	21
CAPÍTULO 4: VALIDACIÓN DE LA SOLUCIÓN	24
4.1 RESULTADOS OBTENIDOS	25
4.2 MACROZONA NORTE	26
4.2.1 ANTOFAGASTA	26
4.3 MACROZONA CENTRO NORTE	29
4.3.1 VALPARAÍSO	29

4.4	MACROZONA CENTRO SUR	31
4.4.1	CONCEPCIÓN	31
4.5	MACROZONA SUR	33
4.5.1	PUERTO MONTT	33
4.6	MACROZONA AUSTRAL	36
4.6.1	PUNTA ARENAS	36
4.7	ANÁLISIS DE RESULTADOS	37
4.8	AJUSTE DE PONDERACIONES	38
4.8.1	ANÁLISIS DE CAMBIO DE PONDERACIONES	43
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES		44
6	Alcances y Limitaciones	44
7	Resultados Obtenidos	44
8	Validez de los Objetivos	45
9	Contribuciones y Aplicaciones	45
10	Impacto y Aporte	45
11	Recomendaciones y Trabajo Futuro	46
ANEXOS		47
12	Resultados en todas las regiones de Chile	47
12.0.1	TARAPACÁ	47
12.0.2	ATACAMA	49
12.0.3	COQUIMBO	50
12.0.4	LIBERTADOR GENERAL BERNADOR O'HIGGINS	52
12.0.5	MAULE	54
12.0.6	ARAUCANÍA	56
12.0.7	AYSÉN DEL GENERAL CARLOS IBÁÑEZ DEL CAMPO	58
12.0.8	METROPOLITANA DE SANTIAGO	60
12.0.9	LOS RÍOS	62
12.0.10	ARICA Y PARINACOTA	64
12.0.11	ÑUBLE	66
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		68

List of Figures

1	Árbol del problema.	4
2	Ejemplo de factorización matricial en un sistema de recomendación de películas.	7
3	Algoritmo de Recomendación Basado en Contenido.	9
4	Algoritmo de Recomendación Colaborativo.	10
5	Mapas con múltiples establecimientos dentro de un radio definido.	18
6	Atributos presentados de cada establecimiento.	19
7	Mapa con las rutas mas cortas calculadas hacia cada establecimiento recomendado.	20
8	Generación aleatoria de postulantes en un rango que corresponde a la mitad de lo indicado por el usuario, junto con el rango de búsqueda de un postulante N en un rango de igual tamaño, donde este clasificará los establecimientos encontrados.	22
9	Mapa de recomendaciones para Usuario 1 en la Región de Antofagasta.	26
10	Mapa de recomendaciones para Usuario 2 en la Región de Antofagasta.	27
11	Mapa de recomendaciones para Usuario 3 en la Región de Antofagasta.	27
12	Mapa de recomendaciones para Usuario 4 en la Región de Antofagasta.	28
13	Mapa de recomendaciones para Usuario 5 en la Región de Antofagasta.	28
14	Mapa de recomendaciones para Usuario 1 en la Región de Valparaíso.	29
15	Mapa de recomendaciones para Usuario 2 en la Región de Valparaíso.	29
16	Mapa de recomendaciones para Usuario 3 en la Región de Valparaíso.	30
17	Mapa de recomendaciones para Usuario 4 en la Región de Valparaíso.	30
18	Mapa de recomendaciones para Usuario 1 en la Región de Biobío.	31
19	Mapa de recomendaciones para Usuario 2 en la Región de Biobío.	31
20	Mapa de recomendaciones para Usuario 3 en la Región de Biobío.	32

21	Mapa de recomendaciones para Usuario 4 en la Región de Biobío.	32
22	Mapa de recomendaciones para Usuario 5 en la Región de Biobío.	33
23	Mapa de recomendaciones para Usuario 1 en la Región de Los Lagos.	33
24	Mapa de recomendaciones para Usuario 2 en la Región de Los Lagos.	34
25	Mapa de recomendaciones para Usuario 3 en la Región de Los Lagos.	34
26	Mapa de recomendaciones para Usuario 3 en la Región de Los Lagos.	35
27	Mapa de recomendaciones para Usuario 5 en la Región de Los Lagos.	35
28	Mapa de recomendaciones para Usuario 1 en la Región de Magallanes.	36
29	Mapa de recomendaciones para Usuario 2 en la Región de Magallanes.	36
30	Mapa de recomendaciones para Usuario 3 en la Región de Magallanes.	37
31	Mapa de recomendaciones para Usuario 5 en la Región de Magallanes.	37
32	Mapa de recomendaciones antes y después de cambiar la ponderación (8) para Usuario 1 en la Región Metropolitana.	39
33	Gráficos comparando los valores de Promedio de Notas, SIMCE Lectura, SIMCE Matemática, PSU y Postulantes Universidad para las recomendaciones para el Usuario 1	40
34	Mapa de recomendaciones antes y después de cambiar la ponderación (8) para Usuario 5 en la Región Metropolitana.	41
35	Gráficos comparando los valores de Promedio de Notas, SIMCE Lectura y SIMCE Matemática para las recomendaciones del Usuario 5	42
36	Mapa de recomendaciones para Usuario 1 en la Región de Tarapacá.	47
37	Mapa de recomendaciones para Usuario 2 en la Región de Tarapacá.	47
38	Mapa de recomendaciones para Usuario 3 en la Región de Tarapacá.	48
39	Mapa de recomendaciones para Usuario 4 en la Región de Tarapacá.	48
40	Mapa de recomendaciones para Usuario 5 en la Región de Tarapacá.	49
41	Mapa de recomendaciones para Usuario 1 en la Región de Atacama.	49

42	Mapa de recomendaciones para Usuario 1 en la Región de Atacama.	50
43	Mapa de recomendaciones para Usuario 4 en la Región de Atacama.	50
44	Mapa de recomendaciones para Usuario 1 en la Región de Coquimbo.	51
45	Mapa de recomendaciones para Usuario 2 en la Región de Coquimbo.	51
46	Mapa de recomendaciones para Usuario 3 en la Región de Coquimbo.	51
47	Mapa de recomendaciones para Usuario 4 en la Región de Coquimbo.	52
48	Mapa de recomendaciones para Usuario 5 en la Región de Coquimbo.	52
49	Mapa de recomendaciones para Usuario 1 en la Región de O'Higgins.	53
50	Mapa de recomendaciones para Usuario 2 en la Región de O'Higgins.	53
51	Mapa de recomendaciones para Usuario 3 en la Región de O'Higgins.	53
52	Mapa de recomendaciones para Usuario 4 en la Región de O'Higgins.	54
53	Mapa de recomendaciones para Usuario 5 en la Región de O'Higgins.	54
54	Mapa de recomendaciones para Usuario 1 en la Región de Maule.	55
55	Mapa de recomendaciones para Usuario 2 en la Región de Maule.	55
56	Mapa de recomendaciones para Usuario 3 en la Región de Maule.	55
57	Mapa de recomendaciones para Usuario 4 en la Región de Maule.	56
58	Mapa de recomendaciones para Usuario 5 en la Región de Maule.	56
59	Mapa de recomendaciones para Usuario 1 en la Región de Araucanía.	57
60	Mapa de recomendaciones para Usuario 2 en la Región de Araucanía.	57
61	Mapa de recomendaciones para Usuario 3 en la Región de Araucanía.	57
62	Mapa de recomendaciones para Usuario 4 en la Región de Araucanía.	58
63	Mapa de recomendaciones para Usuario 5 en la Región de Araucanía.	58
64	Mapa de recomendaciones para Usuario 1 en la Región de Aysén.	59
65	Mapa de recomendaciones para Usuario 2 en la Región de Aysén.	59

66	Mapa de recomendaciones para Usuario 5 en la Región de Aysén.	60
67	Mapa de recomendaciones para Usuario 1 en la Región de Metropolitana. . . .	60
68	Mapa de recomendaciones para Usuario 2 en la Región de Metropolitana. . . .	61
69	Mapa de recomendaciones para Usuario 2 en la Región de Metropolitana. . . .	61
70	Mapa de recomendaciones para Usuario 3 en la Región de Metropolitana. . . .	62
71	Mapa de recomendaciones para Usuario 5 en la Región de Metropolitana. . . .	62
72	Mapa de recomendaciones para Usuario 1 en la Región de Los Ríos.	63
73	Mapa de recomendaciones para Usuario 2 en la Región de Los Ríos.	63
74	Mapa de recomendaciones para Usuario 3 en la Región de Los Ríos.	64
75	Mapa de recomendaciones para Usuario 5 en la Región de Magallanes.	64
76	Mapa de recomendaciones para Usuario 1 en la Región de Arica y Parinacota. .	65
77	Mapa de recomendaciones para Usuario 2 en la Región de Arica y Parinacota. .	65
78	Mapa de recomendaciones para Usuario 2 en la Región de Arica y Parinacota. .	65
79	Mapa de recomendaciones para Usuario 1 en la Región de Ñuble.	66
80	Mapa de recomendaciones para Usuario 2 en la Región de Ñuble.	66
81	Mapa de recomendaciones para Usuario 2 en la Región de Ñuble.	67
82	Mapa de recomendaciones para Usuario 3 en la Región de Ñuble.	67
83	Mapa de recomendaciones para Usuario 5 en la Región de Ñuble.	67

List of Tables

1	Nombres de columnas relevantes despues del filtrado de datos de MINEDUC y sus significados	14
2	Nombres de columnas incorporando datos MINEDUC Y DEMRE junto con sus significados	15
3	Nombres de columnas agregadas tras concatenación de datos y sus significados	16

4	Nombres de columnas conjunto de datos final y sus significados	17
5	Significado de cada variable utilizada en la ecuación de recomendación y su nombre de columna en conjunto de datos final.	21
6	Configuración de los usuarios de prueba	25

INTRODUCCIÓN

La educación en Chile se enfrenta a un desafío significativo cuando se trata de la elección del colegio adecuado para los estudiantes. Este proceso, que involucra una combinación de factores personales y académicos, puede resultar abrumador tanto para los padres como para los estudiantes. La diversidad de opciones educativas, junto con la necesidad de encontrar un colegio que se adapte a las necesidades individuales, hace que esta decisión sea compleja y multifacética.

El presente trabajo aborda la implementación y escalabilidad de un sistema de recomendación de colegios en Chile, basado en factorización matricial. Este sistema tiene como objetivo proporcionar una herramienta objetiva y eficiente para asistir a los padres y estudiantes en la elección de un establecimiento educativo, tomando en cuenta una amplia gama de factores personalizados. La necesidad de este sistema surge de la observación de que las decisiones sobre la elección de colegios a menudo se basan en recomendaciones subjetivas, lo que puede llevar a la omisión de aspectos cruciales como el rendimiento académico y la adecuación del colegio a las necesidades específicas del estudiante.

Para desarrollar este sistema, se realizó un exhaustivo procesamiento y consolidación de datos provenientes de diversas fuentes, incluyendo el Ministerio de Educación (MINEDUC) y el Departamento de Evaluación, Medición y Registro Educacional (DEMRE). Estos datos abarcan información relevante sobre los establecimientos educacionales en Chile, permitiendo crear un dataset robusto y detallado que sirve de base para el sistema de recomendación.

El sistema de recomendación se implementó utilizando técnicas avanzadas de factorización matricial, aprovechando librerías como TensorFlow Recommenders para analizar y predecir las mejores opciones educativas para cada usuario. Además, se desarrollaron visualizaciones geográficas interactivas utilizando herramientas como Folium y OpenRouteService, que permiten a los usuarios visualizar las opciones recomendadas y evaluar su proximidad.

Este documento se estructura de la siguiente manera: en el Capítulo 1 se define el problema y se establecen los objetivos generales y específicos del proyecto. El Capítulo 2 proporciona un marco conceptual detallado, abarcando los sistemas de recomendación, la factorización matricial y los algoritmos utilizados. En el Capítulo 3 se presenta la propuesta de solución, describiendo el procesamiento de datos, la generación de visualizaciones geográficas y la implementación del sistema de recomendación. El Capítulo 4 se enfoca en la validación de la solución, presentando los resultados obtenidos y el análisis correspondiente. Finalmente, en el Capítulo 5 se exponen las conclusiones, seguido de una discusión sobre los alcances y limitaciones, así como recomendaciones para trabajos futuros.

Esta memoria busca no solo desarrollar una herramienta tecnológica avanzada, sino también aportar un significativo impacto positivo en el proceso de selección educativa en Chile, facilitando decisiones informadas y personalizadas para los usuarios.

CAPÍTULO 1

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En este capítulo se precisará el contexto del problema seguido de como ocurre la selección de colegio en la actualidad mostrando las ventajas y desventajas de este proceso, exponiendo las formas actuales de postular a establecimientos educacionales, finalizando tanto con los objetivos generales como los específicos que van a ser desarrollados en este trabajo.

1.1 CONTEXTO

Elegir el colegio adecuado en Chile es un proceso complejo que involucra una combinación de factores que pueden resultar abrumadores tanto para padres como para hijos [Peraita, 2022]. La variedad de opciones educativas disponibles en el país agrega una capa adicional de complejidad a esta importante decisión. Los padres se encuentran en una encrucijada, tratando de equilibrar la necesidad de encontrar un colegio cercano que brinde seguridad y tenga un buen equipamiento, mientras que los hijos a menudo desean un colegio que se adapte a sus intereses y habilidades particulares [Salazar, 2014].

La proximidad al establecimiento educacional es el factor más influyente en la elección del colegio, debido a que se busca comodidad para los desplazamientos diarios y la tranquilidad de estar cerca en caso de alguna emergencia. La percepción de seguridad también desempeña un papel importante, ya que los padres desean garantizar que sus hijos estén en un entorno protegido y propicio para su desarrollo. Además, el equipamiento, las instalaciones del colegio y su reputación también son consideraciones no menores al momento de tomar esta decisión [Salazar, 2014].

En muchas ocasiones, estas decisiones se basan en recomendaciones subjetivas de familiares, amigos o conocidos que han tenido experiencias previas con ciertos colegios. Sin embargo, esta visión subjetiva a veces pasa por alto aspectos clave que deberían ser tenidos en cuenta, como el desempeño académico general de la institución, la tasa de deserción escolar, el éxito de los alumnos en el acceso a la universidad y los resultados del Sistema de Medición de la Calidad de la Educación (SIMCE), entre otros.

Aunque existen herramientas tecnológicas disponibles para localizar todos los colegios en Chile en [Agencia de Calidad de la Educación, 2024], [Colegios en Chile, 2024], [Floor, 2020] y [SAE Informado, 2023], su enfoque principal suele limitarse al uso de datos como los resultados del SIMCE, el costo de la mensualidad o las posibilidades de ingreso con el sistema actual, excluyendo otros factores al momento de tomar la decisión.

Ante esta problemática, surge la necesidad de implementar y desarrollar un sistema que permita a los padres e hijos obtener recomendaciones objetivas sobre los establecimientos educacionales, ya sean municipales, particulares subvencionados o privados. Este sistema deberá posibilitar la toma de decisiones informadas que se ajusten a una amplia gama de factores ingresados por el usuario y realizar una recomendación objetiva para los padres e hijos.

1.2 SITUACIÓN ACTUAL

En la actualidad, el proceso de admisión para ingresar a un colegio varía según el tipo de establecimiento al que el alumno está postulando. En el caso de los colegios particulares, el proceso depende en gran medida de las políticas internas de cada institución. La mayoría de estos colegios realiza una prueba de ingreso para evaluar a los estudiantes y seleccionar a aquellos que cumplen con sus criterios. Algunos establecimientos van más allá al incluir entrevistas con los postulantes, buscando asegurar que estos encajen con el perfil que la institución busca. Además, algunos colegios extienden el proceso con múltiples etapas, permitiendo a los padres conocer a fondo el enfoque educativo de la institución [School Partner, 2023] [Senado de Chile, 2023].

Por otro lado, el proceso de postulación a colegios particulares subvencionados o municipales es completamente diferente y está regulado por el Sistema de Admisión Escolar (SAE). Este sistema, administrado por el Ministerio de Educación [Ministerio de Educación, 2023a], requiere que los apoderados ingresen al sitio web, proporcionen los datos necesarios del apoderado y del postulante, busquen los establecimientos deseados, los agreguen al listado por preferencia y finalmente envíen la postulación.

A diferencia del primer proceso, que es subjetivo y está sujeto a los criterios específicos de cada colegio, el segundo proceso, al no depender directamente de la gestión de cada establecimiento, presenta varias características que pueden aumentar las posibilidades de ingreso. Estas van más allá de los criterios comunes, como el rendimiento académico del estudiante o los resultados en una prueba de ingreso. Incluyen factores como la proximidad al hogar, la existencia de hermanos en el mismo establecimiento, la condición de ser parte del 15% de estudiantes prioritarios, ser hijos de funcionarios o exalumnos/as [Ministerio de Educación, 2023b].

El Sistema de Admisión Escolar fue implementado para abordar diversas problemáticas en el proceso de postulación a colegios particulares subvencionados o municipales. Este nuevo sistema elimina entrevistas a los padres, pruebas de admisión, filas frente a los establecimientos y la presentación de antecedentes [Ministerio de Educación, 2023a]. Estas medidas buscan prevenir discriminaciones por parte de los colegios, ya que el antiguo sistema permitía excluir a alumnos considerados "indeseables".

En la actualidad, el SAE ofrece a todos los alumnos que postulan a este sistema la posibilidad de ingresar a múltiples establecimientos, lo que incrementa las oportunidades de acceder a un colegio que satisfaga tanto las expectativas del apoderado como del alumno [Catalán y Cordero, 2023]. Sin embargo, es importante señalar que este sistema no necesariamente promueve aquellos establecimientos menos conocidos, ya sea porque están en funcionamiento recientemente o porque cuentan con una menor cantidad de alumnos. A modo de ilustrar lo anteriormente explicado se presenta el siguiente Árbol del Problema que permite entender a mayor profundidad la problemática junto con sus causas y efectos:

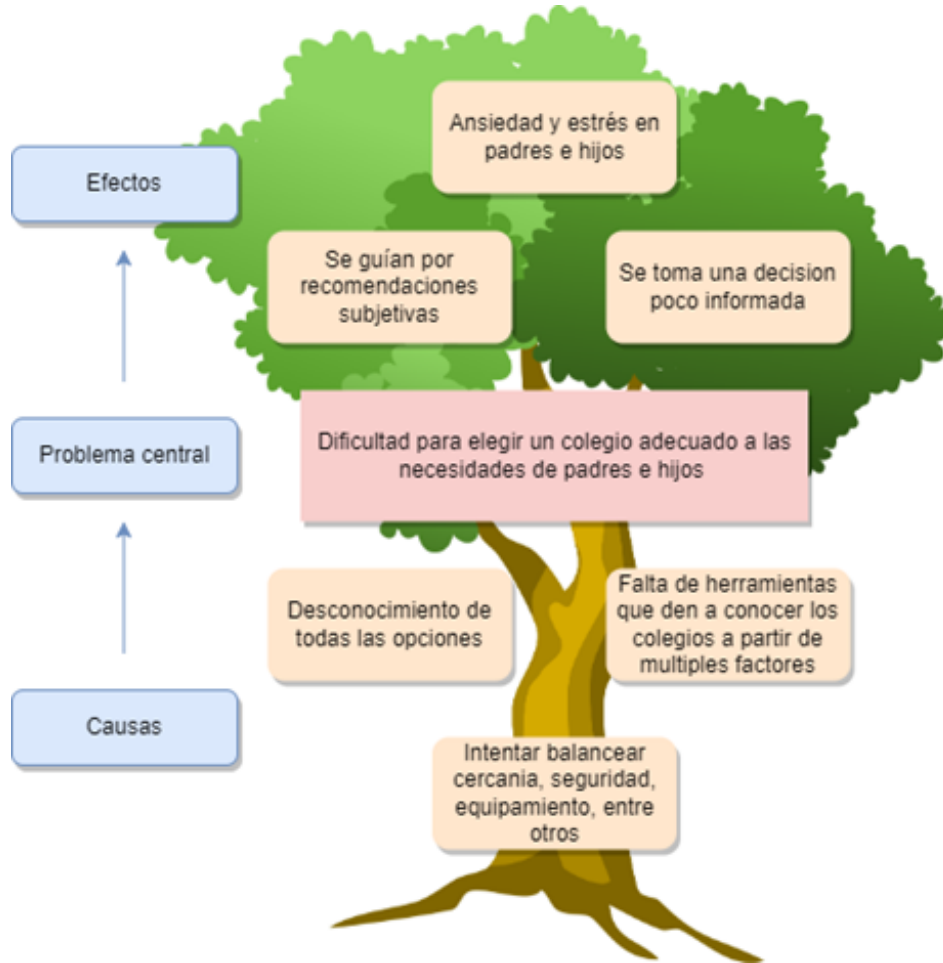


Figura 1: Árbol del problema.
Fuente: Elaboración Propia.

1.3 OBJETIVOS

Se presentan los siguientes objetivos para alcanzar con el desarrollo de este proyecto:

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar e implementar un sistema de recomendación de colegios en Chile a nivel nacional, utilizando un modelo híbrido de factorización matricial que entregue resultados acertados en relación con los requerimientos de cada usuario, logrando así darles una recomendación objetiva.

1.3.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Elaborar un dataset acorde a lo necesitado por el sistema de recomendación utilizando datos del DEMRE (Matrícula universitaria) y MINEDUC (Directorio de colegios, Rendimiento por estudiantes, SAE, SIMCE), entre los años 2004 hasta el 2020.
- Cuantificación de las características relevantes para cada uno de los colegios a nivel nacional, a partir de los dataset previamente limpiados.
- Implementación de algoritmo de recomendación basado en factorización matricial, utilizando las librerías de TensorFlow en Python.
- Programar visualizaciones geográficas con los resultados de los algoritmos desarrollados utilizando Folium y PHP.

CAPÍTULO 2

MARCO CONCEPTUAL

2.1 SISTEMAS DE RECOMENDACIÓN

Los sistemas de recomendación son motores de software diseñados para sugerir elementos a los usuarios en función de sus preferencias anteriores, interacción con productos, etc. Estos sistemas mantienen el interés de los usuarios al seguir recomendando contenidos relevantes. Ofrecen una experiencia personalizada al ayudar a cada consumidor a identificar y descubrir sus películas, programas de televisión, productos digitales, libros, artículos, servicios favoritos, y más. Estos sistemas contribuyen al aumento de las ventas para las empresas y benefician a los consumidores. Con los sistemas de recomendación, se pueden encontrar fácilmente productos, mejorar la facilidad de uso y motivador a seguir utilizando el sistema. La idea detrás de estos sistemas es identificar patrones en el comportamiento del consumidor o de consumidores similares hacia un servicio o producto específico. La forma en que se recopila la información varía considerablemente según el tipo de productos o servicios, las técnicas de filtrado serán explicadas más adelante. Grandes compañías que presentan estos sistemas corresponden a [Pham, 2022]:

- Amazon: El sistema se encarga de encontrar productos similares a lo que el usuario desea de forma que este tenga una gran variedad de productos por los cuales elegir y se decida más rápido en cual comprar.
- Spotify: Evalúa que canciones el usuario disfruta más, recomienda música acorde a los gustos de este.
- Facebook/Meta: Permite recomendar publicaciones, amigos y anuncios basado en amigos en común, gustos y mucho más.
- Google y Youtube: Ambos se dedican a predecir las búsquedas a partir de las preferencias del usuario ya sea por búsquedas realizadas o videos vistos anteriormente.
- Netflix: Presenta el mayor uso de sistemas de recomendación utilizando factorización matricial siendo el 80% de su contenido proveniente de sugerencias de algoritmos.

2.2 FACTORIZACIÓN MATRICIAL

Algunas de las implementaciones más exitosas de los modelos de variables latentes se fundamentan en la factorización matricial. En su forma elemental, este enfoque caracteriza tanto a los elementos como a los usuarios mediante vectores que se deducen a partir de los patrones de calificación de los elementos. Cuando existe una correspondencia destacada entre

los valores de los elementos y los usuarios, se genera una recomendación. Estos métodos han ganado prominencia en los últimos años al combinar una escalabilidad notable con una precisión predictiva convincente. Además, ofrecen una flexibilidad sustancial para modelar diversas situaciones de la vida cotidiana [Kor, 2009].

La factorización matricial, como técnica de recomendación, ha adquirido relevancia gracias a su capacidad para adaptarse a diversos escenarios y proporcionar resultados precisos, consolidándose como una opción atractiva en el ámbito de los sistemas de recomendación. Esta técnica sobresale por su eficacia al identificar patrones en las calificaciones de los elementos, permitiendo la inferencia de factores subyacentes que caracterizan tanto a los elementos como a los usuarios. La alta correspondencia entre estos factores esencialmente impulsa el proceso de recomendación, ofreciendo sugerencias personalizadas basadas en la afinidad entre usuarios y elementos.

Más allá de su rendimiento exitoso, estos métodos han ganado popularidad gracias a su capacidad para manejar conjuntos de datos extensos, lo que los convierte en enfoques altamente escalables. Esta combinación de escalabilidad y precisión predictiva ha consolidado la factorización de matrices como una herramienta poderosa en el ámbito de los sistemas de recomendación. Además, la flexibilidad inherente a estos métodos les permite adaptarse a una variedad de situaciones en la vida real, lo que los hace especialmente atractivos para abordar desafíos complejos en el terreno de la recomendación de elementos [Kor, 2009].

Para entender mejor la técnica de factorización matricial, examinaremos en detalle la figura proporcionada. Esta figura ilustra cómo se descompone una matriz de utilidad en dos matrices más pequeñas para realizar recomendaciones. Aquí está el análisis paso a paso:

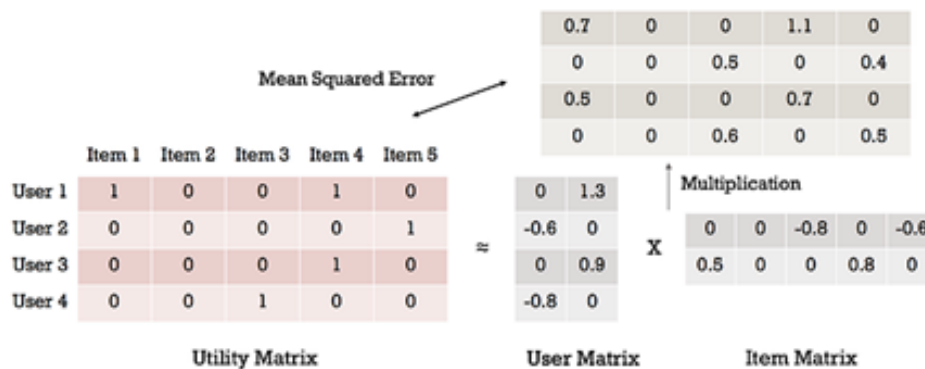


Figura 2: Ejemplo de factorización matricial en un sistema de recomendación de películas. Fuente: [Doshi, 2019].

La figura muestra una *Matriz de Utilidad* inicial que contiene las interacciones entre los usuarios y los ítems (en este caso, películas). Los valores en la matriz representan la calificación que un usuario ha dado a una película. Por ejemplo, el Usuario 1 ha calificado la Película 1 con un 1 (me gusta) y la Película 2 con un 0 (no me gusta).

La factorización matricial descompone la matriz de utilidad en dos matrices más pequeñas: la *Matriz de Usuarios* y la *Matriz de Ítems*. La Matriz de Usuarios representa a cada usuario mediante vectores que describen sus preferencias latentes, mientras que la Matriz de Ítems describe a cada ítem con vectores de características latentes. Estos factores latentes son características ocultas que influyen en las calificaciones, como el gusto por el género de la película, el director, etc.

La multiplicación de la Matriz de Usuarios por la Matriz de Ítems da como resultado una matriz que aproxima la Matriz de Utilidad original. Cada valor en esta matriz resultante es una predicción de la calificación que un usuario daría a un ítem basado en la similitud de cosenos entre los vectores de usuarios e ítems.

La similitud de cosenos es una métrica que se utiliza para medir cuán similares son dos vectores en un espacio multidimensional. En el contexto de sistemas de recomendación, esta métrica ayuda a determinar la afinidad entre usuarios e ítems, permitiendo predecir calificaciones basadas en las preferencias similares.

$$\cos(\theta) = \frac{A \cdot B}{\|A\| \|B\|} = \frac{\sum_i A_i B_i}{\sqrt{\sum_i A_i^2} \sqrt{\sum_i B_i^2}} \quad (1)$$

Para el sistema de recomendación de colegios, se sigue un proceso similar, donde se descompone la matriz de calificaciones (que podría incluir datos como la distancia al colegio, el tipo de colegio, resultados académicos, etc.) en matrices de factores latentes de usuarios y colegios. Esto permite hacer recomendaciones personalizadas basadas en una variedad de características que son importantes para los usuarios.

Al ajustar los pesos en la ecuación de recomendación, el sistema puede enfatizar diferentes aspectos según las prioridades de los usuarios, asegurando que las recomendaciones sean precisas y relevantes.

2.3 ALGORITMOS DE RECOMENDACIÓN

Los algoritmos de recomendación son técnicas especializadas en la generación de sistemas de recomendación a partir de datos proporcionados sobre objetos y usuarios. En la actualidad, los más comunes incluyen los algoritmos de filtrado colaborativo, los basados en contenido y los algoritmos híbridos, los cuales combinan la información proporcionada por los dos primeros.

2.3.1 ALGORITMOS DE CONTENIDO

Este enfoque se fundamenta en la elaboración de perfiles de usuarios, almacenando sus preferencias con respecto a las características de los objetos. Se realiza en dos fases: primero, se crea un perfil que refleja las preferencias del usuario, y luego se utilizan estas características para identificar similitudes entre objetos mediante una ecuación de similitud [Raghuwanshi y Pateriya, 2019]. En el contexto de la recomendación de colegios, cada sugerencia se basa en las características específicas de cada establecimiento, buscando relaciones entre ellos según características similares. Aunque es un modelo sencillo que solo requiere información de los colegios, su limitación radica en no considerar la retroalimentación del usuario, lo que dificulta su mejora [Sotelo, 2022].

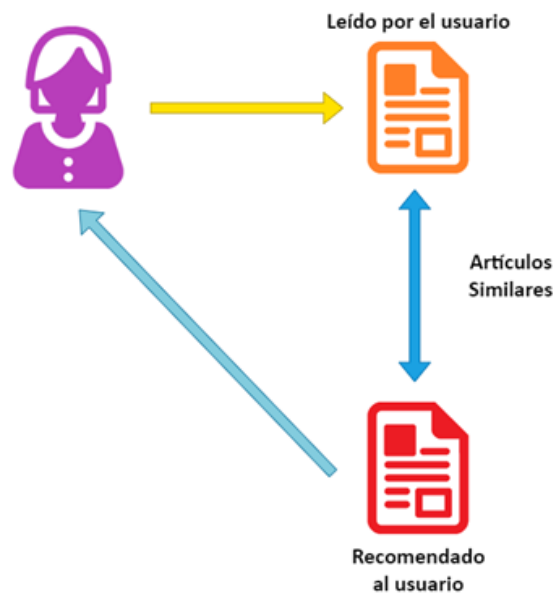


Figura 3: Algoritmo de Recomendación Basado en Contenido.
Fuente: Elaboración propia.

2.3.2 ALGORITMOS COLABORATIVOS

Este método es la técnica de recomendación más popular y ampliamente utilizada, a menudo empleando conjuntos de datos extensos. Consiste en que usuarios con intereses similares manifiestan preferencias por objetos que comparten características similares. Este enfoque opera en dos etapas: primero, se selecciona un grupo de usuarios con opiniones similares para generar la recomendación, y luego se utiliza esta información para formar un grupo más amplio y tener un mayor impacto en las sugerencias [Raghuwanshi y Pateriya, 2019]. En el caso de recomendar colegios, el sistema utiliza las calificaciones otorgadas por cada usuario para ofrecer recomendaciones. Los resultados se interpretan mediante métodos basados en la memoria, identificando usuarios con perfiles similares para proporcionar sugerencias basadas en sus preferencias de cada establecimiento, o utilizando modelos predictivos [Sotelo, 2022].

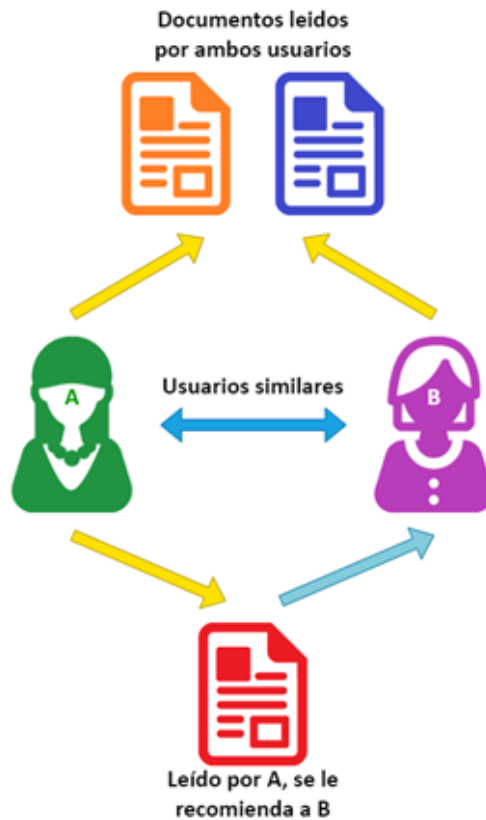


Figura 4: Algoritmo de Recomendación Colaborativo.
Fuente: Elaboración propia.

2.3.3 ALGORITMOS HÍBRIDOS

Los algoritmos híbridos combinan las ventajas de los dos enfoques anteriores, superando así las limitaciones individuales de cada uno [Raghuwanshi y Pateriya, 2019]. Estas técnicas proporcionan recomendaciones más efectivas y mejoran los resultados globales. En el caso específico de recomendar colegios, el sistema debe procesar tanto las características de los colegios como las calificaciones otorgadas para ofrecer recomendaciones más precisas al usuario [Sotelo, 2022] [Limanto *et al.*, 2022].

2.4 TRABAJO ANTERIOR

Este trabajo busca complementar el sistema de recomendación realizado en [Sotelo, 2022] el cual se enfoca solo en la Región Metropolitana por lo que se va a realizar el sistema para todos los establecimientos en Chile logrando así que este sea más robusto y logre ser utilizado a nivel nacional. Por otro lado, también se va a analizar si es necesario modificar el sistema para que se adapte a los intereses de los sectores más rurales en donde no se encuentra una amplia variedad de colegios como ocurre en las ciudades.

En el ámbito de la creación de sistemas de recomendación de colegios en Chile, se ha llevado a cabo un proyecto significativo por [Icaran, 2020]. Este trabajo se centra en analizar los impactos derivados de la implementación de un sistema de recomendación en el marco del Sistema de Admisión Escolar (SAE) chileno. El autor desarrolló un algoritmo empleando la librería LightFM de Python, utilizando datos del SAE correspondientes al año 2019 y enfocándose exclusivamente en el nivel de enseñanza de primero básico. Los resultados obtenidos revelan que los efectos de un sistema de asignaciones, como el empleado en el SAE, pueden presentar contradicciones y tener escaso beneficio para ciertos estudiantes. Este descubrimiento plantea cuestionamientos acerca de la eficacia y equidad de estos sistemas, subrayando la necesidad de realizar evaluaciones detalladas de sus consecuencias.

A nivel internacional, se destaca la investigación realizada por [Limanto *et al.*, 2022], la cual aborda el desarrollo de una aplicación destinada a asistir a los padres en la elección de la mejor escuela primaria, basándose en criterios predeterminados. La recomendación de esta aplicación se determina mediante el método Analytical Hierarchy Process (AHP). Los resultados de la validación de este proyecto son sumamente alentadores, ya que más del 96% de los encuestados afirmaron que la aplicación proporciona información detallada sobre los colegios, permitiendo una elección más objetiva. Este enfoque basado en criterios específicos y la aplicación de métodos analíticos para la toma de decisiones resalta la importancia de dotar a los padres de herramientas informáticas que faciliten la elección de la mejor opción educativa para sus hijos.

La última que cabe destacar debido a su reciente lanzamiento en 2023 es SAE informado [SAE Informado, 2023] que consiste en un algoritmo realizado utilizando Machine Learning

con un 84% de precisión que permite a los apoderados ingresar los datos del estudiante que debe postular por el Sistema de Admisión Escolar (SAE) junto con múltiples establecimientos en los cuales se encuentran interesados en ingresar y este calcula las probabilidades de que el alumno quede seleccionado para ingresar a sus colegios de interés a partir de múltiples factores como rendimiento académico, convivencia escolar, copago y/o distancia. Lamentablemente, al ser 100% enfocado en el SAE, nuevamente se excluyen múltiples factores que podrían cambiar la decisión además al solo enfocarse en los colegios en los que están interesados, no le presenta alternativas que podrían ser del interés de tanto los apoderados como el estudiante.

2.5 DATOS

Se utilizarán cinco bases de datos diferentes para la creación del conjunto de datos, cuatro de las cuales están vinculadas al Ministerio de Educación (MINEDUC) y una al Departamento de Evaluación, Medición y Registro Educacional (DEMRE). A continuación, se describen cada una de ellas:

1. **Directorio de Colegios - MINEDUC:** Esta base de datos representa el directorio oficial de los establecimientos educacionales actuales a nivel nacional.
2. **Rendimiento por Estudiantes - MINEDUC:** Se trata de un registro del rendimiento escolar por estudiante en las bases de datos públicas del MINEDUC, clasificado por el Número de Registro Único del Estudiante (MRUN). Este registro abarca desde el año 2004 en adelante.
3. **Sistema de Medición de la Calidad de la Educación (SIMCE) - MINEDUC:** Consiste en una tabla que muestra los puntajes promedio por establecimiento del proceso SIMCE, una herramienta importante para evaluar la calidad educativa.
4. **Matrícula Universitaria - DEMRE:** En esta base de datos se encuentran registrados los alumnos matriculados en instituciones de educación superior, identificados por el Número de Registro Único del Estudiante (MRUN). Los datos abarcan desde el año 2005 en adelante y están disponibles en las bases de datos públicas del MINEDUC.

CAPÍTULO 3

PROPUESTA DE SOLUCIÓN

La solución propuesta para el problema planteado consiste en desarrollar un sistema capaz de recomendar establecimientos educacionales en Chile, independientemente de la región, ciudad o comuna. Este sistema se basa en un conjunto de datos que incluye todos los establecimientos registrados en el MINEDUC, permitiendo así mostrar una variedad diversa de instituciones que destacan por sus características específicas.

Para implementar esta solución, primero se debe realizar un procesamiento exhaustivo de los datos, con el objetivo de elaborar un dataset que presente todas las características necesarias de un establecimiento para realizar recomendaciones más precisas. Este procesamiento implica la limpieza de datos, la normalización de las distintas variables y la integración de fuentes adicionales de información para enriquecer el dataset.

Una vez elaborado el dataset, se procede a la creación de visualizaciones geográficas que permiten ilustrar los establecimientos recomendados. Estas visualizaciones no solo muestran la ubicación de los establecimientos, sino que también destacan la ruta más corta para llegar a cualquiera de ellos desde una ubicación especificada por el usuario. Este aspecto es crucial para facilitar la toma de decisiones informadas por parte de los usuarios del sistema.

El desarrollo del sistema se llevó a cabo utilizando Google Colab y Jupyter Notebook, plataformas que permiten un entorno de desarrollo controlado. En cuanto a las librerías utilizadas, Pandas y Numpy fueron esenciales para el procesamiento de datos y la elaboración del dataset, permitiendo manipular grandes volúmenes de información de manera eficiente. Por otro lado, Folium y OpenRouteService fueron clave en el desarrollo de los mapas y en la determinación de la ruta más corta a cada uno de los establecimientos recomendados. Estas herramientas permiten crear mapas interactivos y calcular rutas óptimas utilizando algoritmos avanzados de geolocalización.

Además, TensorFlow junto con Tensorflow Recommenders se utilizaron para implementar los modelos de recomendación. Este sistema analiza las características de los establecimientos y las preferencias del usuario para generar recomendaciones personalizadas.

3.1 PROCESAMIENTO DE DATOS

3.1.1 LIMPIEZA DE DATOS POR NIVEL

La limpieza de datos por nivel es un proceso crucial que se lleva a cabo utilizando los datos obtenidos del Ministerio de Educación (MINEDUC) y las librerías Pandas y Numpy. En primer lugar, se deben extraer todos los establecimientos que cumplan con ciertas características:

deben ser municipales, subvencionados o particulares, estar en funcionamiento y no ser para adultos o de educación especial. Este filtro inicial asegura que solo se consideren los establecimientos relevantes para el análisis.

Tabla 1: Nombres de columnas relevantes después del filtrado de datos de MINEDUC y sus significados

Fuente: Datos MINEDUC 2004-2021.

Nombre de la columna	Significado
RBD	Rol base de datos del establecimiento.
DGV_RBD	Dígito Verificador del RBD.
NOM_RBD	Nombre del Establecimiento.
COD_REG_RBD	Código de región en que se ubica el establecimiento.
COD_DEPE2	Código de Dependencia del Establecimiento (agrupado).
RURAL_RBD	Índice de ruralidad del establecimiento.
LATITUD	Coordenada de Latitud para el establecimiento.
LONGITUD	Coordenada de Longitud para el establecimiento.
ENS_01	Código de enseñanza 01.
MATRICULA	Establecimiento con matrícula al 30 de abril.
ESTADO_ESTAB	Estado del establecimiento.
ORI_RELIGIOSA	Orientación religiosa del establecimiento.
ORI_OTRO_GLOSA	Otra Orientación Religiosa.
PAGO_MATRICULA	Pago de matrícula en el establecimiento.
PAGO_MENSUAL	Pago mensual en el establecimiento.

Posteriormente, se integran datos adicionales provenientes tanto del MINEDUC como del Departamento de Evaluación, Medición y Registro Educativo (DEMRE). Estos datos incluyen el rendimiento de los estudiantes en la Prueba de Selección Universitaria (PSU) y los resultados de la prueba SIMCE para cada establecimiento. Además, se analiza la tendencia de estos resultados a lo largo de los años, lo que permite obtener una medida de la pendiente que indica cómo ha evolucionado el rendimiento de los estudiantes en cada establecimiento. También se incluye datos en relación al promedio, asistencia y porcentaje de aprobados de los alumnos junto a otros y se eliminan columnas que incluyen datos no necesarios para los procedimientos siguientes.

Tabla 2: Nombres de columnas incorporando datos MINEDUC Y DEMRE junto con sus significados

Fuente: Datos DEMRE 2004-2021.

Columna	Significado
PROM	Promedio de notas (2004-2020).
ASIS	Asistencia promedio (2004-2020).
APRB	Alumnos aprobados (2004-2020).
NOND	No deserción escolar (2004-2020).
PHOM	Porc. de hombres (2020).
CALU	Cantidad de alumnos (2020).
CCUR	Cantidad de cursos (2020).
CHOM	Cantidad de hombres (2020).
CMUJ	Cantidad de mujeres (2020).
PEND	Pendiente de notas (2004-2020).
PROM_PUNT	Prom. puntaje PSU (2005-2020).
PROM_POST	Prom. matriculados universidad (2005-2020).
DE_F_YEAR	Porc. alumnos no deserción 1er año (2005-2020).
SIMCE_LEC	Prom. prueba lectura SIMCE (2012-2018).
SIMCE_MAT	Prom. prueba matemática SIMCE (2012-2018).
PEND_LEC	Pend. prueba lectura SIMCE (2012-2018).
PEND_MAT	Pend. prueba matemática SIMCE (2012-2018).
PORC_MATR	Porc. matriculados cuarto medio (2005-2020).

El resultado de este proceso de limpieza y consolidación de datos es la creación de 14 datasets limpios, cada uno representando un nivel específico de enseñanza básica y media. Estos datasets proporcionan una base sólida para el análisis y la recomendación de establecimientos educacionales, ya que incluyen todas las características necesarias para realizar una evaluación integral de cada institución.

Este paso no solo garantiza la precisión y relevancia de la información utilizada, sino que también facilita la comparación y el análisis de los establecimientos a lo largo del tiempo y en diferentes contextos educativos. Este enfoque meticuloso y detallado asegura que las recomendaciones generadas sean confiables y basadas en datos robustos.

3.1.2 CONSOLIDACIÓN DE CONJUNTO DE DATOS Y CREACIÓN DEL DIRECTORIO FINAL

Después de la limpieza inicial de los datos, se vuelven a utilizar las mismas librerías mencionadas anteriormente y se procede a la consolidación de los 14 conjuntos de datos en un único directorio completo. Este proceso incluye la concatenación de los conjuntos de datos, agregando columnas adicionales que indican a qué nivel educativo corresponde cada fila, si

el establecimiento efectivamente imparte ese nivel y los géneros admitidos en cada institución.

Una vez concatenados los conjuntos de datos, se realizan correcciones en los nombres de los establecimientos para asegurar que no contengan caracteres ilegibles. Además, se ajustan las coordenadas geográficas de cada establecimiento para garantizar que reflejen ubicaciones precisas, corrigiendo cualquier error o ausencia en los datos de localización.

Para mejorar la utilidad del dataset consolidado en el desarrollo de visualizaciones geográficas, se agregan dos columnas adicionales. La primera columna indica si el establecimiento es 'Mixto', 'Solo Mujeres' o 'Solo Hombres'. La segunda columna describe los niveles educativos que ofrece cada establecimiento en formato textual, por ejemplo, '1ro Básico a 4to Medio'. Esta información se ajusta dinámicamente en función de los niveles presentes en los datos de cada establecimiento.

Tabla 3: Nombres de columnas agregadas tras concatenación de datos y sus significados

Fuente: Elaboración Propia.

Columna	Significado
GEN_H	Indica si el establecimiento admite estudiantes hombres
GEN_M	Indica si el establecimiento admite estudiantes mujeres
COD_NIVEL	Código del nivel educativo
E_NIVEL	Indica si efectivamente se imparte el nivel educativo
NIVEL	Nivel educativo en formato textual
GEN_COL	Descripción del establecimiento si es 'Mixto', 'Solo Mujeres' o 'Solo Hombres'
RANGO_NIVEL	Descripción en formato textual del rango de niveles educativos ofrecidos.

Este proceso de consolidación no solo unifica la información relevante, sino que también la enriquece, proporcionando una base de datos integral que facilita el análisis y la visualización de los establecimientos educativos en Chile. Al tener un directorio completo y coherente, se asegura que las recomendaciones y visualizaciones generadas sean precisas y útiles para los usuarios finales.

Tabla 4: Nombres de columnas conjunto de datos final y sus significados

Fuente: Elaboración Propia.

Columna	Significado
RBD	Rol base de datos del establecimiento.
DGV_RBD	Dígito Verificador del RBD.
NOM_RBD	Nombre del Establecimiento.
COD_REG_RBD	Código de región en que se ubica el establecimiento.
COD_DEPE2	Código de Dependencia del Establecimiento (agrupado).
RURAL_RBD	Índice de ruralidad del establecimiento.
LATITUD	Coordenada de Latitud para el establecimiento.
LONGITUD	Coordenada de Longitud para el establecimiento.
ENS_01	Código de enseñanza 01.
MATRICULA	Establecimiento con matrícula al 30 de abril.
ESTADO_ESTAB	Estado del establecimiento.
ORI_RELIGIOSA	Orientación religiosa del establecimiento.
ORI_OTRO_GLOSA	Otra Orientación Religiosa.
PAGO_MATRICULA	Pago de matrícula en el establecimiento.
PAGO_MENSUAL	Pago mensual en el establecimiento.
PROM	Promedio de notas (2004-2020).
ASIS	Asistencia promedio (2004-2020).
APRB	Alumnos aprobados (2004-2020).
NOND	No deserción escolar (2004-2020).
PHOM	Porc. de hombres (2020).
CALU	Cantidad de alumnos (2020).
CCUR	Cantidad de cursos (2020).
CHOM	Cantidad de hombres (2020).
CMUJ	Cantidad de mujeres (2020).
PEND	Pendiente de notas (2004-2020).
PROM_PUNT	Prom. puntaje PSU (2005-2020).
PROM_POST	Prom. matriculados universidad (2005-2020).
DE_F_YEAR	Porc. alumnos no deserción 1er año (2005-2020).
SIMCE_LEC	Prom. prueba lectura SIMCE (2012-2018).
SIMCE_MAT	Prom. prueba matemática SIMCE (2012-2018).
PEND_LEC	Pend. prueba lectura SIMCE (2012-2018).
PEND_MAT	Pend. prueba matemática SIMCE (2012-2018).
PORC_MATR	Porc. matriculados cuarto medio (2005-2020).
GEN_H	Indica si el establecimiento admite estudiantes hombres
GEN_M	Indica si el establecimiento admite estudiantes mujeres
COD_NIVEL	Código del nivel educativo
E_NIVEL	Indica si efectivamente se imparte el nivel educativo
NIVEL	Nivel educativo en formato textual
GEN_COL	Descripción del establecimiento si es 'Mixto', 'Solo Mujeres' o 'Solo Hombres'
RANGO_NIVEL	Descripción en formato textual del rango de niveles educativos ofrecidos.

3.2 GENERACIÓN DE VISUALIZACIONES GEOGRÁFICAS

Una vez completado el procesamiento del dataset, se procede a la creación de visualizaciones geográficas utilizando la librería Folium. Este proceso comienza con la obtención de las coordenadas de la dirección proporcionada por el usuario. A partir de estas coordenadas y las de todos los establecimientos educativos disponibles, se filtra el dataset para incluir solo aquellos establecimientos ubicados dentro de un radio específico de búsqueda entregado por el usuario, definido en kilómetros por el usuario.

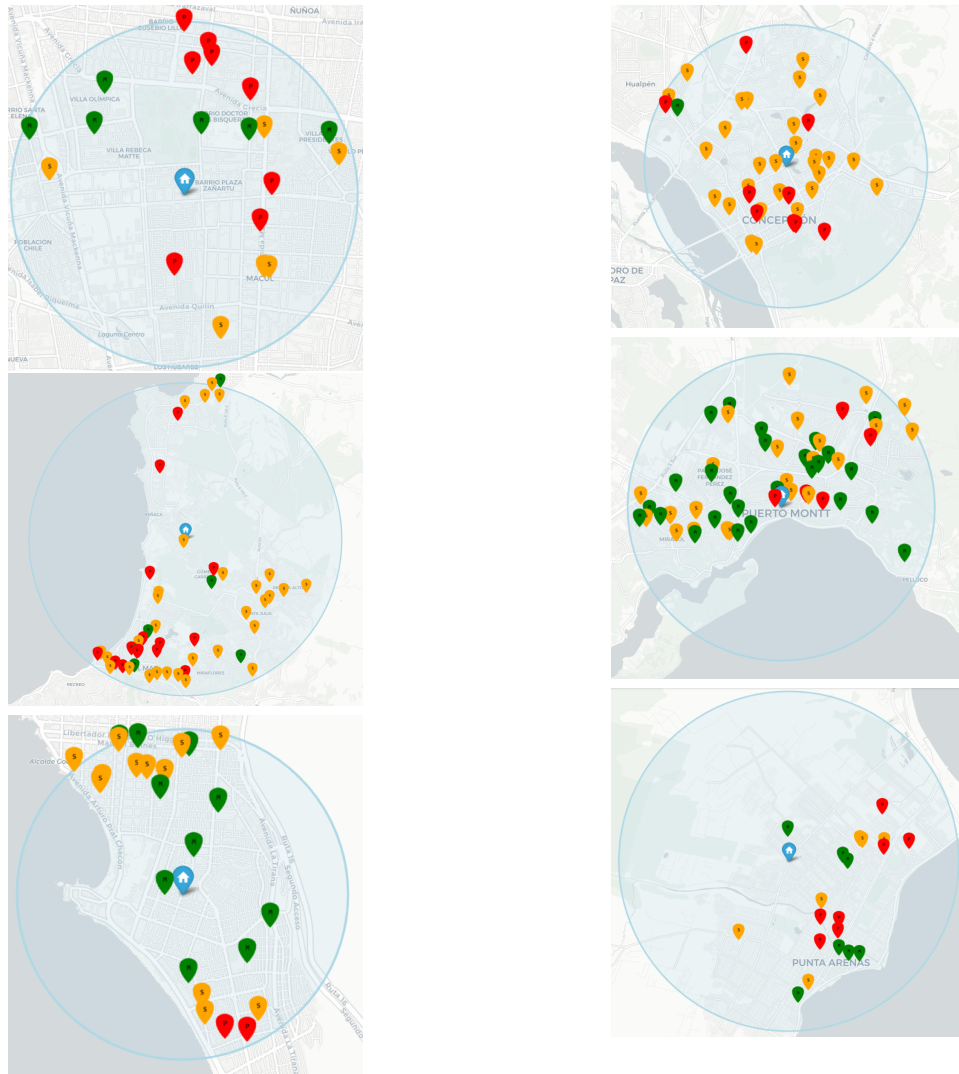


Figura 5: Mapas con múltiples establecimientos dentro de un radio definido.
Fuente: Elaboración propia.

Los establecimientos filtrados se visualizan en un mapa interactivo, con marcadores de colores que indican su tipo: rojo para particulares, amarillo para subvencionados y verde para municipales. Este subconjunto de datos filtrado se utiliza posteriormente para realizar las recomendaciones de establecimientos educativos.

Además del filtrado por ubicación, las visualizaciones geográficas permiten mostrar múltiples atributos de cada establecimiento, tales como 'Nombre', 'Tipo', 'Valor Mensual', 'Religión', 'Niveles impartidos' y 'Género de los Alumnos(as)' en base a código PHP. Esto proporciona una visión integral de las opciones disponibles y facilita la comparación entre diferentes instituciones que presentan las características elegidas por el usuario.

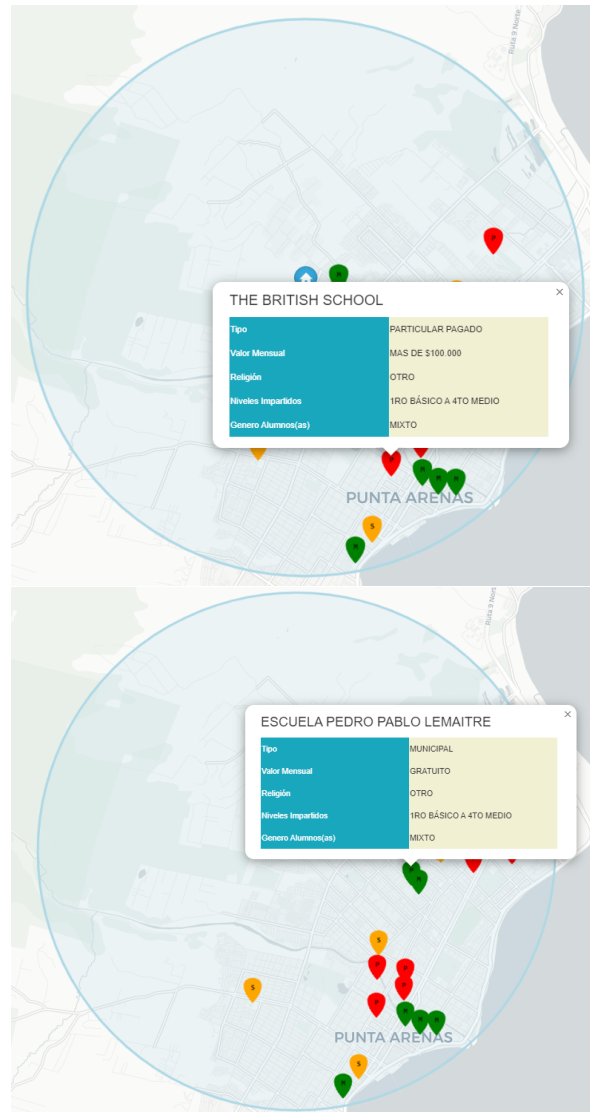


Figura 6: Atributos presentados de cada establecimiento.
Fuente: Elaboración propia.

Después de realizar las recomendaciones, se genera un dataset reducido con los establecimientos más relevantes. En el mapa, se puede visualizar la ruta más corta desde la dirección del usuario hasta cada uno de estos establecimientos, utilizando la API de OpenRouteService.

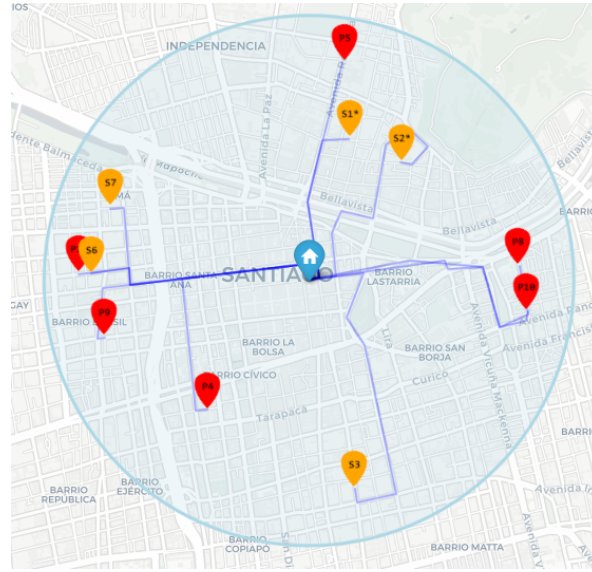


Figura 7: Mapa con las rutas más cortas calculadas hacia cada establecimiento recomendado.

Fuente: Elaboración propia.

También se calcula la distancia exacta a cada establecimiento considerando la curvatura de la Tierra desde las coordenadas del usuario, empleando la librería 'haversine'. Esta distancia se muestra en el mapa, permitiendo a los usuarios evaluar la proximidad de los establecimientos recomendados esto es realizado utilizando la siguiente formula (2):

$$d = 2r \arcsin \left(\sqrt{\sin^2 \left(\frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2} \right) + \cos(\varphi_1) \cos(\varphi_2) \sin^2 \left(\frac{\lambda_2 - \lambda_1}{2} \right)} \right) \quad (2)$$

Donde r es el radio de la Tierra (6731 [km]), φ_1 y φ_2 corresponden a la latitud de la coordenadas 1 y coordenadas 2 respectivamente, λ_1 y λ_2 corresponden a la longitud de la coordenadas 1 y coordenadas 2 respectivamente.

Asimismo, se señala si alguno de los establecimientos recomendados pertenece al grupo de los más cercanos identificados en el filtrado inicial del dataset. Esta función ayuda a los usuarios a entender mejor la distribución y accesibilidad de las opciones educativas más adecuadas.

Este enfoque asegura que las visualizaciones geográficas no solo sean informativas y precisas, sino también útiles para la toma de decisiones.

3.3 RECOMENDACIÓN DE ESTABLECIMIENTOS

La recomendación de establecimientos se basa en el modelo propuesto para la Región Metropolitana [Sotelo, 2022]. Este modelo funciona de la siguiente manera: a partir de las coordenadas proporcionadas por el usuario, se generan 1000 usuarios ficticios situados a la mitad de la distancia definida inicialmente por el usuario que presentan características similares y buscan postular a establecimientos en el mismo nivel y género especificado por el usuario. Estos usuarios también buscan características idénticas, como la orientación religiosa y tipo de establecimiento. Los usuarios generados clasificarán los colegios dentro de la mitad de la distancia originalmente definida desde su ubicación en una escala del 1 al 5, utilizando la siguiente ecuación (3):

$$S(x) = 0.1 \cdot (P_r(x) + A_s(x) + A_p(x) + N_d(x) + P_n(x)) + 0.0625 \cdot (S_l(x) + S_m(x) + P_l(x) + P_m(x)) + 0.0625 \cdot (P_{pu}(x) + P_{po}(x) + D_y(x) + P_{ma}(x)) \quad (3)$$

Cada una de las variables está normalizada entre 0 y 1, donde x corresponde a un establecimiento específico. Las variables se derivan del conjunto de datos previamente creado y son las siguientes:

Tabla 5: Significado de cada variable utilizada en la ecuación de recomendación y su nombre de columna en conjunto de datos final.

Fuente: Elaboración Propia.

Variable	Nombre Columna	Significado
P_r	PROM	Promedio de notas (2004-2020)
A_s	ASIS	Asistencia promedio (%)
A_p	APRB	Alumnos aprobados (%)
N_d	NOND	No deserción escolar (%)
P_n	PEND	Pendiente del promedio de notas
S_l	SIMCE_LEC	Promedio de lectura SIMCE
S_m	SIMCE_MAT	Promedio de matemática SIMCE
P_l	PEND_LEC	Pendiente de lectura SIMCE
P_m	PEND_MAT	Pendiente de matemática SIMCE
P_{pu}	PROM_PUNT	Promedio de puntaje PSU
P_{po}	PROM_POST	Promedio de postulantes a la universidad
D_y	DE_F_YEAR	No deserción al primer año universitario
P_{ma}	PORC_MATR	Porcentaje de matriculados en 4to medio

Es importante destacar que las variables PROM_PUNT, PROM_POST, DE_F_YEAR y PORC_MATR se utilizan exclusivamente para los postulantes de 1ro a 4to medio.

$$R \approx P \times Q^T = \hat{R} \quad (5)$$

En esta descomposición, se obtiene la predicción de la calificación de cada elemento mediante el producto escalar de dos vectores p_i y q_j , pertenecientes a los vectores i y j de P y Q , respectivamente (6).

$$\hat{r}_{ij} = p_i^T q_j = \sum_{k=1}^k p_{ik} q_{kj} \quad (6)$$

Posteriormente, se minimiza la diferencia entre la matriz R y \hat{R} mediante múltiples iteraciones o épocas, que en este caso son 15. Para ello, se emplea el método de gradiente adaptativo o AdaGrad, que busca un mínimo local de la diferencia entre los valores de la matriz reconstruida (\hat{r}_{ij}) y la matriz original (r_{ij}) (7).

$$e_{ij}^2 = (r_{ij} - \hat{r}_{ij})^2 = \left(r_{ij} - \sum_{k=1}^k p_{ik} q_{kj} \right)^2 \quad (7)$$

CAPÍTULO 4

VALIDACIÓN DE LA SOLUCIÓN

Para evaluar el desempeño del sistema recomendador en un contexto homogéneo y comparativo para las 16 regiones de Chile. El enfoque se centrará en las capitales regionales, situándose la ubicación del usuario generalmente a una o dos cuadras de distancia de la plaza principal de cada ciudad, comúnmente conocida como 'Plaza de Armas'. Sin embargo, existen excepciones, como en Iquique, donde la plaza principal se denomina 'Plaza Arturo Prat'. Esta ubicación central se selecciona para asegurar una base de comparación uniforme. Cada una de las regiones no presentadas en la sección de resultados obtenidos, se encuentran en el Anexo 12.

Se realizarán múltiples ejecuciones del sistema en cada capital regional para evaluar su desempeño. Durante estas ejecuciones, se analizarán los puntajes asignados por el sistema a los distintos establecimientos, permitiendo así evaluar la consistencia y precisión del algoritmo de recomendación para la dirección solicitada.

El objetivo de esta implementación es obtener resultados comparables en todas las regiones bajo condiciones similares, garantizando la equidad en la evaluación del sistema recomendador. Al centrarse en ubicaciones estratégicas, se busca proporcionar una visión clara y precisa del desempeño del sistema en diferentes contextos regionales, identificando posibles áreas de mejora y afinando el algoritmo para futuras aplicaciones.

Este enfoque no solo facilita la comparación entre los resultados de las distintas regiones, sino que también asegura que cada evaluación sea realizada bajo las mismas condiciones, proporcionando un marco sólido para la validación del sistema recomendador. Al analizar los resultados de estas múltiples ejecuciones, se podrán identificar patrones y tendencias en el comportamiento del sistema, asegurando la efectividad del sistema en diferentes contextos y permitiendo mejorar su efectividad y adaptabilidad a diversas realidades regionales en Chile.

4.1 RESULTADOS OBTENIDOS

Para evaluar el desempeño del sistema recomendador, se utilizaron cinco usuarios de prueba con características diversas. A continuación, se detallan las configuraciones de cada uno en una tabla:

Tabla 6: Configuración de los usuarios de prueba

Fuente: Elaboración Propia

Usuario	Nivel	Género	Tipo de Colegio	Orient. Religiosa	Pago Mensual
1	1ro Básico	Mujer	Cualquier tipo	Cualquiera	Cualquiera
2	7mo Básico	Hombre	Subvencionado	Laica	Gratuito
3	3ro Medio	Mujer	Part. y Subv.	Católica	\$50.001 a \$100.000
4	2do Básico	Hombre	Particular	Cualquiera	Más de \$100.000
5	5to Básico	Mujer	Municipal	Cualquiera	Gratuito

Estas configuraciones permitieron evaluar cómo el sistema recomendador maneja diferentes preferencias y requisitos de los usuarios, asegurando la efectividad del sistema. Al utilizar una variedad de filtros básicos y adicionales, se pudo probar la adaptabilidad del algoritmo a distintas necesidades y condiciones, desde colegios de diferentes niveles y géneros hasta diversas orientaciones religiosas y rangos de pago mensual.

Los resultados obtenidos con estos usuarios de prueba proporcionaron una visión integral del desempeño del sistema, permitiendo identificar áreas de mejora y confirmar su robustez en diversos escenarios de uso.

En todas las ciudades evaluadas 12, se presentaron casos en los que algunos usuarios no pudieron generar recomendaciones debido a la falta de variedad de establecimientos que cumplieran con los requisitos establecidos. Esta situación surgió principalmente cuando los usuarios especificaron criterios muy restrictivos, como solo un pago mensual o una orientación religiosa específica, y no había suficientes colegios en el área que cumplieran con estas condiciones.

Para abordar este problema y asegurar la efectividad del sistema, en ciertos casos se decidió flexibilizar los requisitos del usuario. Esta flexibilización implicó ajustar algunos de los filtros de búsqueda, como ampliar el rango de distancia, permitir diferentes tipos de establecimientos, aumentar la variedad de pago mensual o aceptar orientaciones religiosas variadas. Gracias a estos ajustes, se logró obtener al menos una recomendación en la mayoría de los casos. Sin embargo, hubo situaciones en las que, incluso después de flexibilizar los requisitos, no se pudieron generar recomendaciones relevantes.

En aquellos casos en los que no había establecimientos del tipo especificado cerca del usuario, no se realizó la prueba. Flexibilizar los requisitos en exceso podría resultar en recomendaciones que no respetaran las preferencias clave del usuario, haciéndolas muy similares a otras pruebas con menos restricciones y perdiendo así su carácter distintivo.

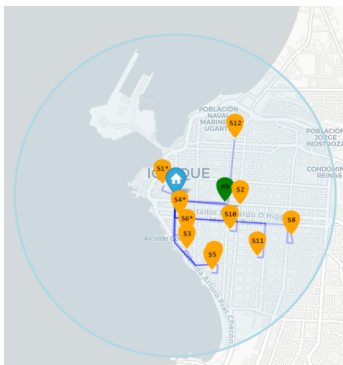
Las variaciones realizadas a cada usuario serán detalladas, en caso de ser necesario, en su respectiva sección para cada región. Además, tras presentar los resultados, se especificará cómo se diversificaron los requerimientos de cada usuario en particular.

A continuación se presentan los resultados mostrando las capitales regionales con mayor cantidad de habitantes [Instituto Nacional de Estadísticas (INE), 2017] de cada una de las Macrozonas de Chile [Agencia de Calidad de la Educación, 2024]. Posteriormente se presentara un caso solo para la región metropolitana que muestra como los cambios en la ponderación de las recomendaciones realizadas. En cuanto a las otras ciudades que corresponden a capitales regionales, estas se pueden encontrar en 12.

4.2 MACROZONA NORTE

4.2.1 ANTOFAGASTA

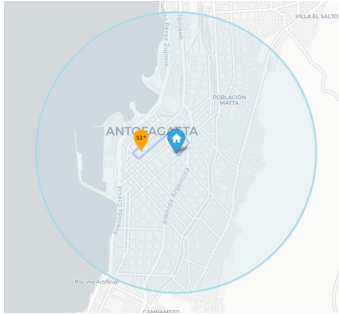
Usuario 1: Postula a 1ro Básico, género Mujer, cualquier tipo de establecimiento con cualquier orientación religiosa o pago mensual.



Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	357	Colegio San Luis	0.2	5.053
2	365	Colegio Eagle School	0.3	5.038
3	12800	Colegio Bautista Lois Hart	1.2	5.034
4	364	Colegio Antofagasta	1.2	5.034

Figura 9: Mapa de recomendaciones para Usuario 1 en la Región de Antofagasta.
Fuente: Elaboración Propia.

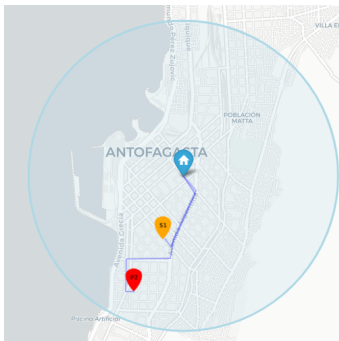
Usuario 2: Postula a 7mo Básico, género Hombre, establecimiento Subvencionado, Laico con cualquier valor de pago mensual.



Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	12958	The Giant School Antofagasta	0.5	5.212
2	-	-	-	-
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-

Figura 10: Mapa de recomendaciones para Usuario 2 en la Región de Antofagasta.
Fuente: Elaboración Propia.

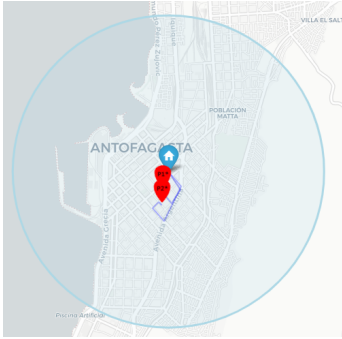
Usuario 3: Postula a 3ro Medio, género Mujer, establecimiento Particular o Subvencionado, Católico con un valor de pago mensual de \$25.001 a \$100.000.



Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	127	Colegio Lidia Moreno	0.9	4.774
2	12846	Colegio Chañares	1.6	4.766
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-

Figura 11: Mapa de recomendaciones para Usuario 3 en la Región de Antofagasta.
Fuente: Elaboración Propia.

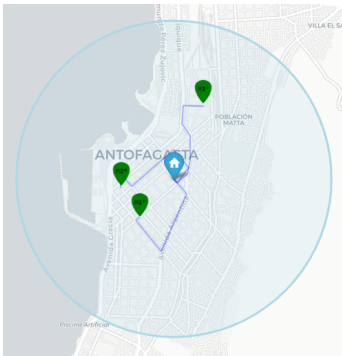
Usuario 4: Postula a 2do Básico, género Hombre, establecimiento Particular de cualquier orientación religiosa con un valor de pago mensual de mas de \$100.000.



Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	357	Colegio San Luis	0.2	5.016
2	358	Instituto Santa Maria	0.4	4.979
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-

Figura 12: Mapa de recomendaciones para Usuario 4 en la Región de Antofagasta.
Fuente: Elaboración Propia.

Usuario 5: Postula a 5to Básico, género Mujer, establecimiento Municipal con cualquier orientación religiosa gratuito.



Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	284	Liceo de Hombres de Antofagasta Mario...	0.6	5.021
2	285	Liceo Bicentenario Marta Narea Diaz	0.7	5.017
3	306	Escuela Huanchaca	1.0	4.723
4	-	-	-	-

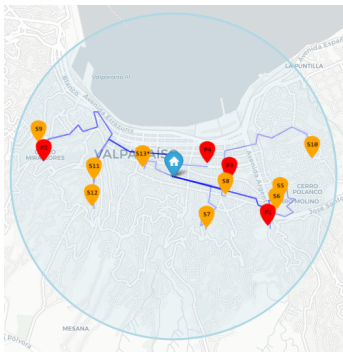
Figura 13: Mapa de recomendaciones para Usuario 5 en la Región de Antofagasta.
Fuente: Elaboración Propia.

4.3 MACROZONA CENTRO NORTE

A pesar de que es Santiago se utiliza Valparaíso por que el sistema ya se encuentra comprobada su funcionalidad para Santiago [Sotelo, 2022]

4.3.1 VALPARAÍSO

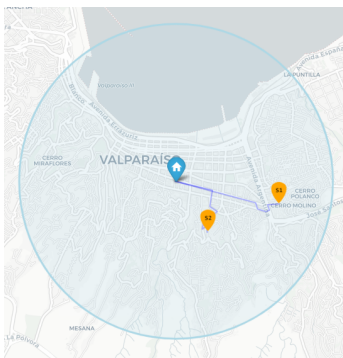
Usuario 1: Postula a 1ro Básico, género Mujer, cualquier tipo de establecimiento con cualquier orientación religiosa o pago mensual.



Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	1634	Seminario San Rafael 1	1.3	5.032
2	1629	Colegio Internacional	1.6	5.028
3	1641	Colegio San Pedro Nolasco 1	0.7	5.027
4	1638	Scuola Italiana Arturo Dell'Oro	0.4	5.026

Figura 14: Mapa de recomendaciones para Usuario 1 en la Región de Valparaíso.
Fuente: Elaboración Propia.

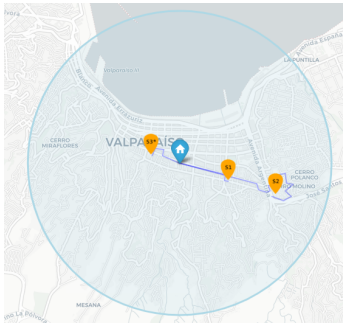
Usuario 2: Postula a 7mo Básico, género Hombre, establecimiento Subvencionado, Laico gratuito.



Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	1585	Liceo coeducacional la Igualdad	1.3	4.778
2	1607	Colegio Teresita de Lisieux	0.8	4.750
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-

Figura 15: Mapa de recomendaciones para Usuario 2 en la Región de Valparaíso.
Fuente: Elaboración Propia.

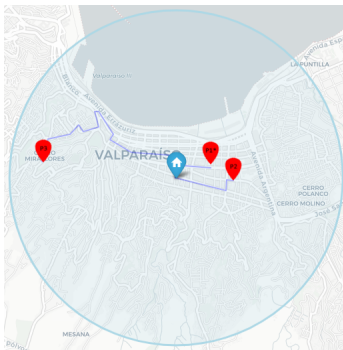
Usuario 3: Postula a 3ro Medio, género Mujer, establecimiento Particular o Subvencionado, Católico con cualquier valor de pago mensual.



Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	1586	Colegio Carlos Cousino	0.7	5.006
2	1581	Liceo Juana Ross de Edwards	1.3	5.005
3	1635	Colegio Agustín Edwards	0.4	5.001
4	-	-	-	-

Figura 16: Mapa de recomendaciones para Usuario 3 en la Región de Valparaíso.
Fuente: Elaboración Propia.

Usuario 4: Postula a 2do Básico, género Hombre, establecimiento Particular o Subvencionado de cualquier orientación religiosa con un valor de pago mensual de \$50.001 o mas.



Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	1638	Scuola Italiana Arturo Dell'Oro	0.4	4.959
2	1641	Colegio San Pedro Nolasco 1	0.7	4.947
3	1629	Colegio Internacional	1.6	4.938
4	-	-	-	-

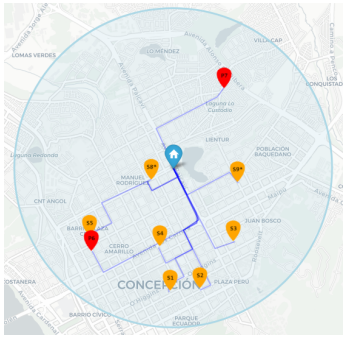
Figura 17: Mapa de recomendaciones para Usuario 4 en la Región de Valparaíso.
Fuente: Elaboración Propia.

Usuario 5: No se encuentran suficientes establecimientos Municipales para realizar la recomendación.

4.4 MACROZONA CENTRO SUR

4.4.1 CONCEPCIÓN

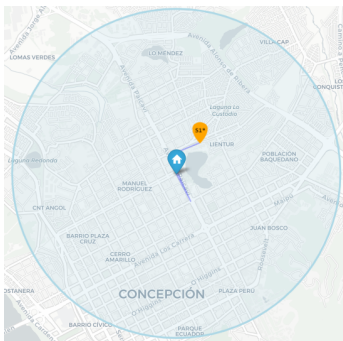
Usuario 1: Postula a 1ro Básico, género Mujer, cualquier tipo de establecimiento con cualquier orientación religiosa o pago mensual.



Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	17855	Colegio Inmaculada Concepción 2	1.6	5.187
2	4669	Liceo San Agustín de Concepción	1.6	5.168
3	4659	Colegio La Providencia 3	1.2	5.167
4	17900	Colegio Metodista Concepción	1.0	5.138

Figura 18: Mapa de recomendaciones para Usuario 1 en la Región de Biobío.
Fuente: Elaboración Propia.

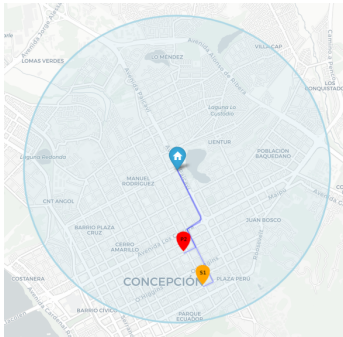
Usuario 2: Postula a 7mo Básico, género Hombre, establecimiento Subvencionado, Laico gratuito.



Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	17635	Col. Técnico Profesional Los Acacios	0.5	4.986
2	-	-	-	-
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-

Figura 19: Mapa de recomendaciones para Usuario 2 en la Región de Biobío.
Fuente: Elaboración Propia.

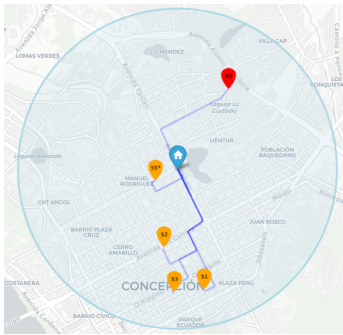
Usuario 3: Postula a 3ro Medio, género Mujer, establecimiento Particular o Subvencionado, Católico con un valor de pago mensual de \$50.001 o mas.



Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	4669	Liceo San Agustín de Concepción	0.7	5.083
2	4698	San Pedro Nolasco	1.1	5.054
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-

Figura 20: Mapa de recomendaciones para Usuario 3 en la Región de Biobío.
Fuente: Elaboración Propia.

Usuario 4: Postula a 2do Básico, género Hombre, establecimiento Particular o Subvencionado de cualquier orientación religiosa con un valor de pago mensual de \$50.001 o mas.



Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	4669	Liceo San Agustín de Concepción	1.6	5.052
2	17900	Colegio Metodista de Concepción	1.0	5.014
3	17855	Colegio Inmaculada Concepción 2	1.6	4.998
4	4679	Kingston College	1.2	4.976

Figura 21: Mapa de recomendaciones para Usuario 4 en la Región de Biobío.
Fuente: Elaboración Propia.

Usuario 5: Postula a 5to Básico, género Mujer, establecimiento Municipal o Subvencionado con cualquier orientación religiosa gratuito.

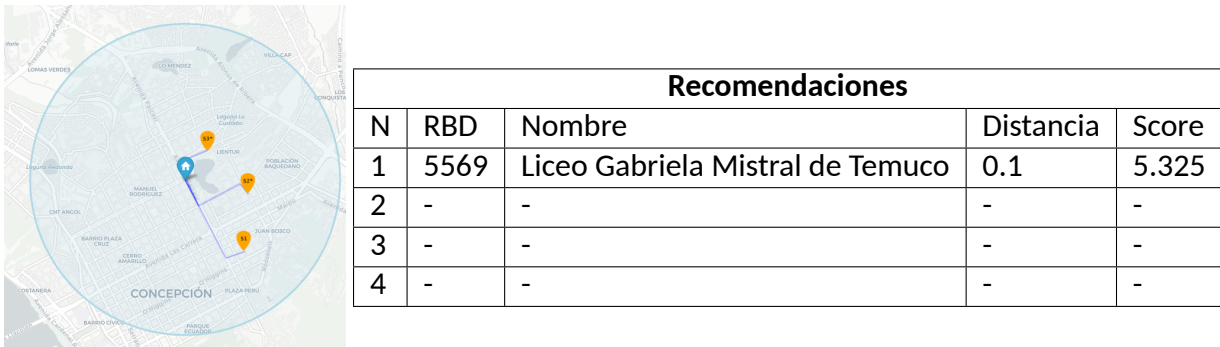


Figura 22: Mapa de recomendaciones para Usuario 5 en la Región de Biobío.
Fuente: Elaboración Propia.

4.5 MACROZONA SUR

4.5.1 PUERTO MONTT

Usuario 1: Postula a 1ro Básico, género Mujer, cualquier tipo de establecimiento con cualquier orientación religiosa o pago mensual.

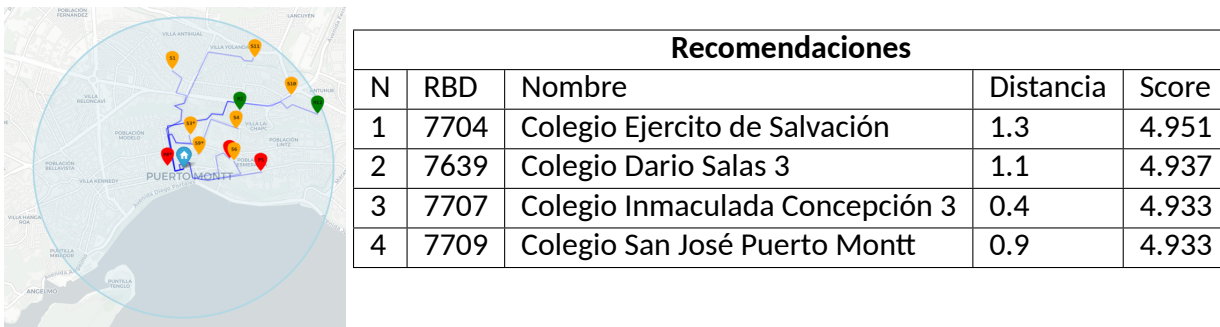
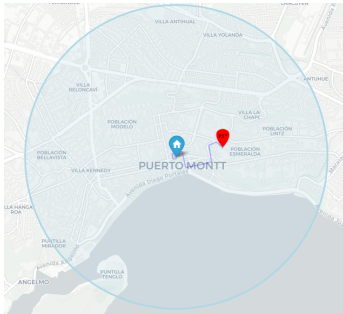


Figura 23: Mapa de recomendaciones para Usuario 1 en la Región de Los Lagos.
Fuente: Elaboración Propia.

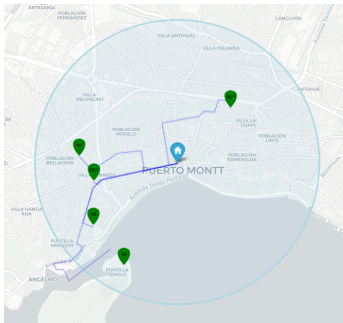
Usuario 4: Postula a 2do Básico, género Hombre, establecimiento Particular o Subvencionado de cualquier orientación religiosa con un valor de pago mensual de mas de \$100.000.



Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	7717	Instituto Aleman de Puerto Montt	0.6	5.228
2	-	-	-	-
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-

Figura 26: Mapa de recomendaciones para Usuario 3 en la Región de Los Lagos.
Fuente: Elaboración Propia.

Usuario 5: Postula a 5to Básico, género Mujer, establecimiento Municipal con cualquier orientación religiosa gratuito.



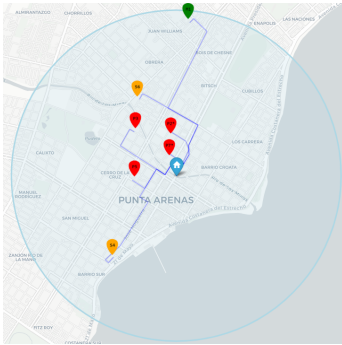
Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	7639	Colegio Dario Salas 3	1.1	5.017
2	7632	Escuela N10 Angelmo	1.2	4.983
3	7641	Escuela Bellavista 2	1.4	4.982
4	7637	Escuela N7 Arabe-Siria	1.5	4.974

Figura 27: Mapa de recomendaciones para Usuario 5 en la Región de Los Lagos.
Fuente: Elaboración Propia.

4.6 MACROZONA AUSTRAL

4.6.1 PUNTA ARENAS

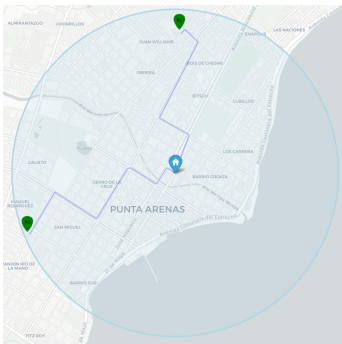
Usuario 1: Postula a 1ro Básico, género Mujer, cualquier tipo de establecimiento con cualquier orientación religiosa o pago mensual.



Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	24307	Liceo Juan Bautista Contardi	1.7	5.149
2	24314	Colegio Cruz del Sur	0.4	5.086
3	11681	Colegio Miguel de Cervantes 1	0.7	5.085
4	24305	Colegio Pierre Faure	1.4	5.084

Figura 28: Mapa de recomendaciones para Usuario 1 en la Región de Magallanes.
Fuente: Elaboración Propia.

Usuario 2: Postula a 7mo Básico, género Hombre, establecimiento Subvencionado o Municipal, Laico gratuito.

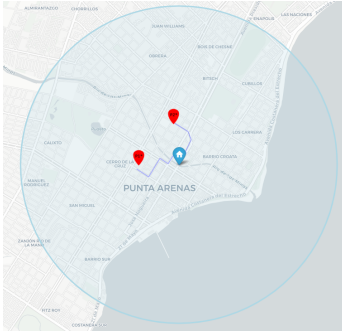


Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	24307	Liceo Juan Bautista Contardi	1.7	4.889
2	8435	Escuela Dieciocho de Septiembre	1.9	3.126
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-

Figura 29: Mapa de recomendaciones para Usuario 2 en la Región de Magallanes.
Fuente: Elaboración Propia.

Usuario 3: No se encuentran suficientes establecimientos Católicos para realizar la recomendación.

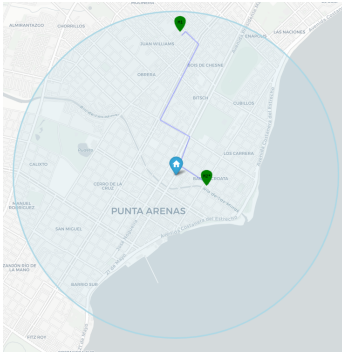
Usuario 4: Postula a 2do Básico, género Hombre, establecimiento Particular de cualquier orientación religiosa con un valor de pago mensual de mas de \$100.000.



Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	8463	The British School	0.6	4.982
2	24314	Colegio Cruz del Sur	0.4	4.980
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-

Figura 30: Mapa de recomendaciones para Usuario 3 en la Región de Magallanes.
Fuente: Elaboración Propia.

Usuario 5: Postula a 5to Básico, género Mujer, establecimiento Municipal con cualquier orientación religiosa gratuito.



Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	24307	Liceo Juan Bautista Contardi	1.7	5.529
2	8438	Escuela República de Croacia	0.4	4.974
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-

Figura 31: Mapa de recomendaciones para Usuario 5 en la Región de Magallanes.
Fuente: Elaboración Propia.

4.7 ANÁLISIS DE RESULTADOS

A partir de los resultados obtenidos, se observa que en casi todas las regiones se logró obtener al menos una recomendación de establecimientos siempre que existiera una variedad mínima de cinco o más establecimientos. Esta variedad es crucial para que el sistema de recomendación funcione de manera efectiva. En algunos casos hubo excepciones a esta regla, pero para asegurar una probabilidad del 100% de obtener al menos una recomendación, es ideal contar con al menos cinco establecimientos disponibles.

Para el Usuario 1, siempre fue posible encontrar recomendaciones con sus configuraciones iniciales, ya que este usuario consideraba todos los establecimientos disponibles, asegu-

rando así una variedad suficiente para realizar la recomendación. En contraste, los demás usuarios, al tener configuraciones más específicas, no siempre obtenían una recomendación con sus configuraciones iniciales, especialmente cuando se incluía una orientación religiosa específica o un valor de pago mensual particular.

En estos casos, se diversificaron las configuraciones de los usuarios cuando fue necesario. Por ejemplo, se ajustaron los tipos de establecimientos o se amplió la variedad de valores de pago mensual manteniendo las características esenciales de cada usuario. Para el Usuario 3, siempre se conservó la orientación religiosa solicitada, y para el Usuario 2 se mantuvieron los requisitos específicos de su configuración.

En el caso del Usuario 4, se intentó mantener las recomendaciones únicamente para establecimientos particulares, pero si no se encontraba suficiente variedad, se incluyeron también establecimientos subvencionados, manteniendo el valor de pago mensual. Finalmente, para el Usuario 5, se priorizó mantener el valor de pago mensual y el tipo de establecimiento. Sin embargo, si no se encontraba una variedad suficiente de establecimientos, se añadieron establecimientos subvencionados manteniendo el valor de pago mensual.

4.8 AJUSTE DE PONDERACIONES

Una vez obtenidos los resultados, se procederá a ajustar las ponderaciones de la ecuación de recomendación presentada inicialmente. El objetivo de este ajuste es lograr una distribución más equitativa del peso de cada variable en la fórmula, dando mayor relevancia a los resultados del SIMCE y a los valores relacionados con la PSU, ya que son indicadores clave del desempeño académico. Este ajuste se refleja en la nueva fórmula de ponderación mostrada en la Ecuación (8).

En la ecuación original (3), las variables relacionadas con la aprobación de estudiantes y asistencia recibían un peso de 0.1, mientras que las variables relacionadas con los resultados del SIMCE y PSU tenían un peso de 0.0625. Aunque esta distribución reflejaba una cierta equidad entre las variables, no necesariamente capturaba la importancia relativa de los resultados académicos de manera óptima.

Para mejorar esta situación, se ha ajustado la ecuación de ponderación de la siguiente manera (8):

$$\begin{aligned}
 S(x) = & 0.0750 \cdot (P_r(x) + A_s(x) + A_p(x) + N_d(x) + P_n(x)) + \\
 & 0.078125 \cdot (S_l(x) + S_m(x) + P_l(x) + P_m(x)) + \\
 & 0.078125 \cdot (P_{pu}(x) + P_{po}(x) + D_y(x) + P_{ma}(x))
 \end{aligned} \tag{8}$$

En la nueva formulación, los coeficientes se han ajustado para reflejar mejor la importancia de cada conjunto de variables. Los primeros términos, que incluyen variables como la

proporción de estudiantes aprobados y la asistencia, reciben un peso de 0.0750 cada uno. Por otro lado, los términos que incluyen los resultados del SIMCE (lectura y matemáticas) y las puntuaciones de la PSU (lenguaje y matemáticas), así como otros factores relacionados, reciben un peso ligeramente mayor de 0.078125 cada uno.

Se realizarán pruebas para cada uno de los usuarios en la ciudad de Santiago, comparando los resultados originales obtenidos con los nuevos resultados ajustados. El objetivo de estas pruebas es analizar si las recomendaciones muestran una mayor inclinación hacia establecimientos con mejor rendimiento académico, tanto en el SIMCE como en la PSU. Este análisis permitirá determinar la efectividad de los ajustes realizados en las ponderaciones y evaluar si el sistema de recomendación ha mejorado en términos de precisión y relevancia académica.

En los casos donde la recomendación de establecimientos haya cambiado, se incluirán gráficos que comparan los valores del Promedio de Notas, SIMCE y PSU, así como la cantidad de postulantes a universidades. Esto permitirá visualizar si efectivamente se recomendó un colegio con mejores valores en estas variables. Si el establecimiento recomendado no cambia este no sera incluido a continuación pero sera incluido su resultado con la ponderación original (3) en el Anexo 12.

Usuario 1: Postula a 1ro Básico, género Mujer, cualquier tipo de establecimiento con cualquier orientación religiosa o pago mensual.



Figura 32: Mapa de recomendaciones antes y después de cambiar la ponderación (8) para Usuario 1 en la Región Metropolitana.

Fuente: Elaboración Propia.

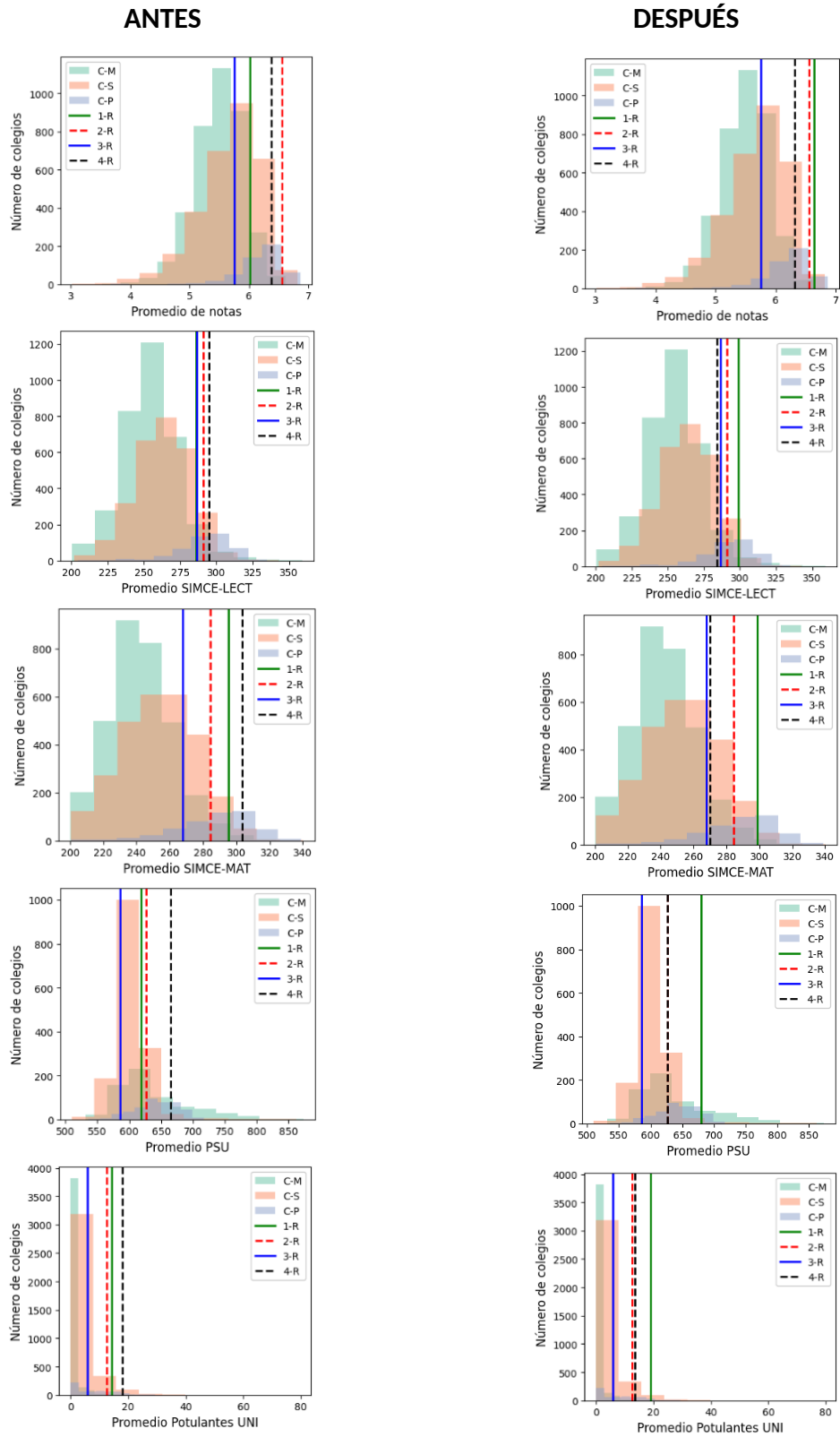
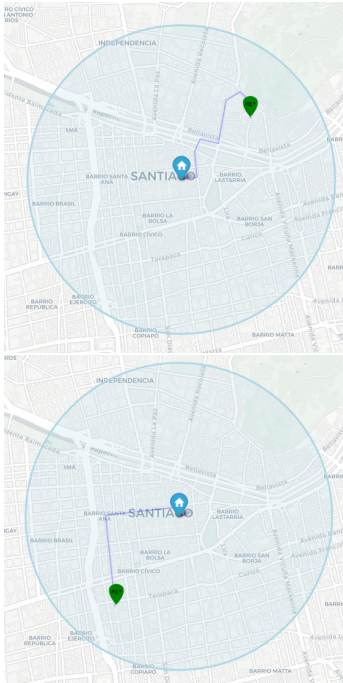


Figura 33: Gráficos comparando los valores de Promedio de Notas, SIMCE Lectura, SIMCE Matemática, PSU y Postulantes Universidad para las recomendaciones para el Usuario 1

Fuente: Elaboración Propia

Usuario 2, 3 y 4: No se presentan cambios en la recomendación realizada.

Usuario 5: Postula a 5to Básico, género Mujer, establecimiento Municipal con cualquier orientación religiosa gratuito.



Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	20440	Liceo Doctor Juan Verdaguer Planas	1.2	4.811
2	-	-	-	-
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-

Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	8530	Escuela Cadete Arturo Prat Chacón	1.4	4.044
2	-	-	-	-
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-

Figura 34: Mapa de recomendaciones antes y después de cambiar la ponderación (8) para Usuario 5 en la Región Metropolitana.

Fuente: Elaboración Propia.

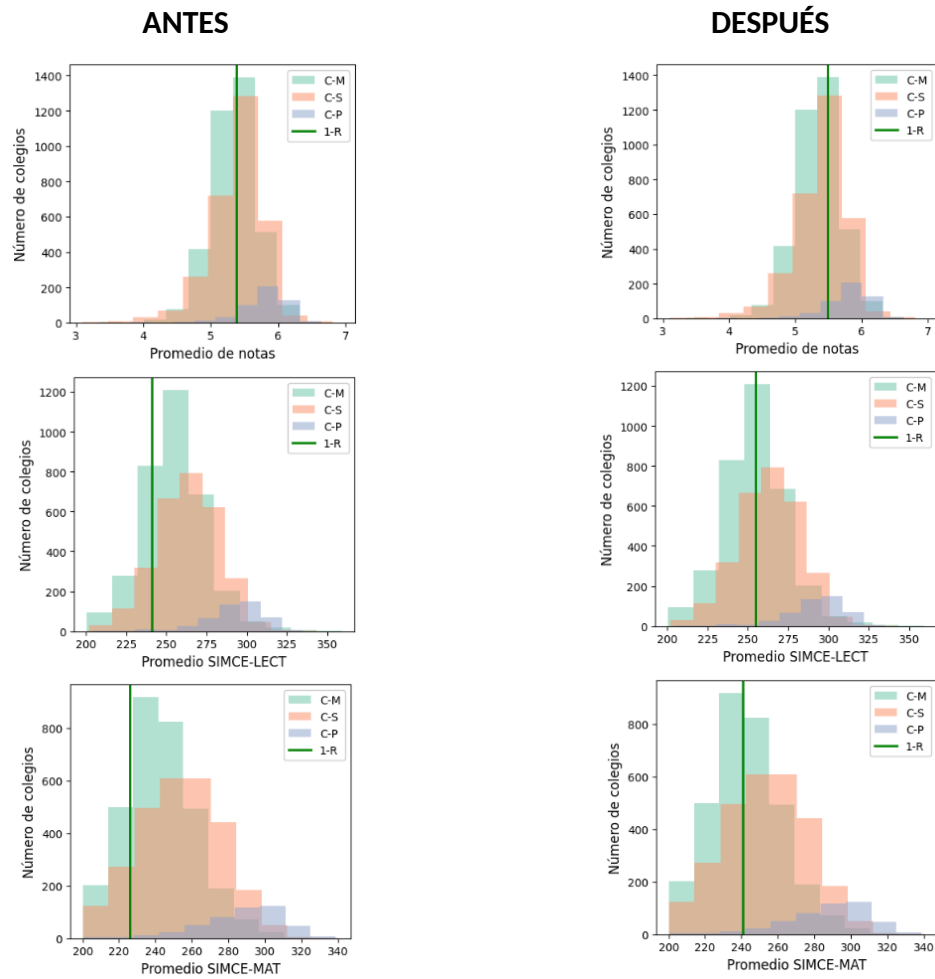


Figura 35: Gráficos comparando los valores de Promedio de Notas, SIMCE Lectura y SIMCE Matemática para las recomendaciones del Usuario 5

Fuente: Elaboración Propia

4.8.1 ANÁLISIS DE CAMBIO DE PONDERACIONES

En los únicos casos en los que cambiaron los resultados de la recomendación fueron para el Usuario 1 y el Usuario 5. En ambos casos, se pudo observar que las recomendaciones ajustadas eran correctas. Esto se debe a que cuando se cuenta con una suficiente variedad de establecimientos, al modificar el peso de las variables en la ecuación (8), se logra privilegiar los valores a los cuales se les otorgó una mayor ponderación o importancia. Específicamente, los establecimientos recomendados en estos casos mostraron mejores resultados en las métricas de Promedio de Notas, SIMCE y PSU, lo que valida la efectividad de la nueva ponderación al destacar colegios con un rendimiento académico superior.

Para el resto de los usuarios, no se obtuvo una recomendación diferente a la obtenida con la ponderación original (3). Esto se debe principalmente a la falta de variedad de establecimientos disponibles para realizar las recomendaciones. En contextos donde la variedad de opciones es limitada, las variables a las cuales se les otorgó más peso no lograron generar un cambio significativo en los resultados de la recomendación. Este hallazgo subraya la importancia de contar con una amplia gama de opciones para que las ponderaciones ajustadas tengan un impacto observable.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

Alcances y Limitaciones

El sistema de recomendación desarrollado ha demostrado ser capaz de proporcionar recomendaciones precisas y útiles en la mayoría de los casos. Sin embargo, se identificaron algunas limitaciones significativas. Por ejemplo, la falta de datos en ciertas regiones afectó la capacidad del sistema para generar recomendaciones en esas áreas. Además, en algunos casos, fue necesario ajustar manualmente los parámetros del sistema para obtener resultados válidos, lo que puede no ser práctico en un entorno de producción. A pesar de estos desafíos, el sistema ha mostrado robustez y adaptabilidad, permitiendo obtener al menos una recomendación válida en la mayoría de las pruebas realizadas.

Es importante destacar que este sistema funciona mejor en ciudades que presentan una mayor cantidad de establecimientos educativos. En estas ciudades, la variedad y abundancia de opciones permiten al sistema generar recomendaciones precisas sin necesidad de flexibilizar demasiado los requisitos del usuario. Por el contrario, en ciudades más pequeñas, donde la cantidad de establecimientos es limitada, obtener recomendaciones satisfactorias puede ser más desafiante y, en muchos casos, es necesario flexibilizar los criterios iniciales para poder proporcionar una recomendación.

Resultados Obtenidos

Los resultados obtenidos indican que el sistema es efectivo en la recomendación de colegios, especialmente cuando existe una variedad mínima de cinco establecimientos en los que basarse. El usuario 1 siempre pudo encontrar recomendaciones con sus configuraciones iniciales debido a que no restringía demasiado sus opciones, lo que permitía al sistema tener siempre una variedad suficiente para realizar las recomendaciones.

En contraste, los otros usuarios, que tenían configuraciones más específicas, no siempre pudieron obtener recomendaciones con sus configuraciones iniciales. Por ejemplo, los usuarios que especificaron una orientación religiosa particular o un rango de pago mensual específico tuvieron que flexibilizar sus requisitos para obtener recomendaciones. Este ajuste mantuvo la particularidad de cada usuario, lo que permitió evaluar la capacidad del sistema para adaptarse a diferentes necesidades y contextos.

Validez de los Objetivos

Los objetivos formulados al inicio del proyecto se validaron a través de las pruebas realizadas. El sistema cumplió con proporcionar recomendaciones personalizadas y basadas en datos, facilitando a los usuarios la elección de colegios adecuados. La metodología utilizada, que incluyó la limpieza y consolidación de datos, la generación de visualizaciones geográficas y la implementación de un modelo de recomendación basado en factorización matricial, resultó efectiva y adecuada para alcanzar los objetivos planteados.

La flexibilidad del sistema para ajustar sus parámetros y la capacidad para integrar diferentes tipos de datos demuestran que los objetivos de proporcionar una herramienta útil y versátil fueron alcanzados. Además, el sistema mostró ser capaz de manejar diferentes escenarios y configuraciones de usuario, lo cual es crucial para su aplicación en un entorno real.

Contribuciones y Aplicaciones

Este trabajo ha contribuido significativamente al desarrollo de herramientas de apoyo para la elección de colegios, proporcionando un sistema que puede ser utilizado por familias y autoridades educativas. La implementación del sistema en una página web permitirá un acceso más amplio y facilitará la toma de decisiones informadas para un mayor número de usuarios.

Las principales contribuciones incluyen el desarrollo de un algoritmo de recomendación robusto y adaptable, la creación de un sistema que integra múltiples fuentes de datos y la generación de recomendaciones personalizadas. Estas contribuciones tienen aplicaciones prácticas en la mejora del proceso de selección de colegios, proporcionando a las familias una herramienta que les ayuda a tomar decisiones más informadas.

Impacto y Aporte

El sistema desarrollado tiene el potencial de impactar positivamente en la toma de decisiones educativas, proporcionando recomendaciones basadas en datos y mejorando la transparencia en el proceso de elección de colegios. Su implementación y mejora continua pueden contribuir a un proceso de selección más informado y equitativo, beneficiando a las familias y a la comunidad educativa en general.

El impacto del sistema también se extiende a las autoridades educativas, que pueden utilizar la herramienta para entender mejor las preferencias y necesidades de los estudiantes y sus familias. Esto, a su vez, puede informar políticas y estrategias educativas que promuevan la equidad y la accesibilidad en la educación.

Recomendaciones y Trabajo Futuro

Para aquellos interesados en profundizar en este tema, se recomienda explorar la integración de datos adicionales y la mejora de los algoritmos de recomendación. Futuras investigaciones podrían centrarse en la comparación de las recomendaciones obtenidas con las postulaciones efectivas realizadas a través del Sistema de Admisión Escolar (SAE), así como en la implementación del sistema en una plataforma web accesible al público. Estas acciones contribuirán a validar y mejorar la precisión del sistema, ampliando su alcance y utilidad.

Además, sería beneficioso desarrollar mecanismos para automatizar el ajuste de parámetros del sistema, reduciendo la necesidad de intervención manual y aumentando su practicidad en un entorno de producción. La integración con bases de datos en tiempo real y la incorporación de feedback de los usuarios podrían mejorar aún más la efectividad del sistema.

En resumen, el sistema de recomendación de colegios desarrollado ha cumplido con los objetivos planteados, proporcionando recomendaciones informadas y personalizadas. Las futuras mejoras y la implementación en una plataforma web permitirán un acceso más amplio y un impacto positivo en la elección de colegios, beneficiando a un mayor número de usuarios. La comparación de las recomendaciones con las postulaciones del SAE y la implementación en una página web son los próximos pasos lógicos para continuar con el desarrollo y validación de esta herramienta.

ANEXOS

Resultados en todas las regiones de Chile

Se incluyen todos los resultados de los usuarios para recomendaciones realizadas en cada capital regional de Chile ordenados por región.

12.0.1 TARAPACÁ

Usuario 1: Postula a 1ro Básico, género Mujer, cualquier tipo de establecimiento con cualquier orientación religiosa o pago mensual.

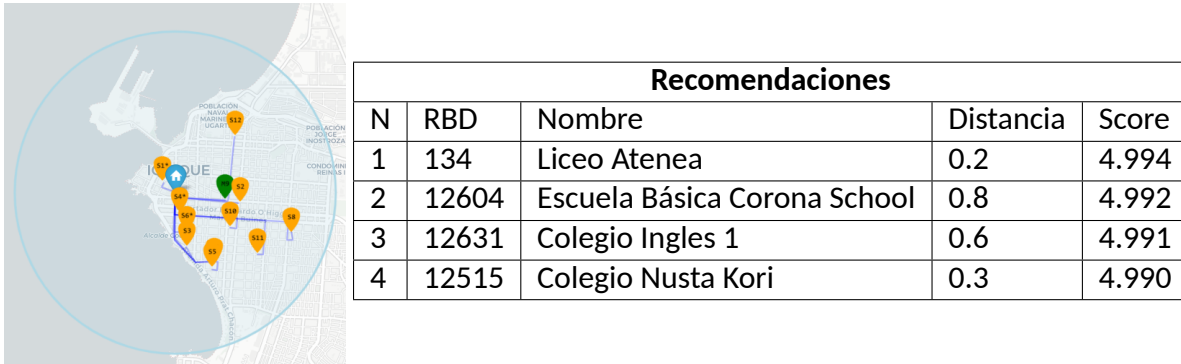


Figura 36: Mapa de recomendaciones para Usuario 1 en la Región de Tarapacá.

Fuente: Elaboración Propia.

Usuario 2: Postula a 7mo Básico, género Hombre, establecimiento Subvencionado, Laico gratuito.

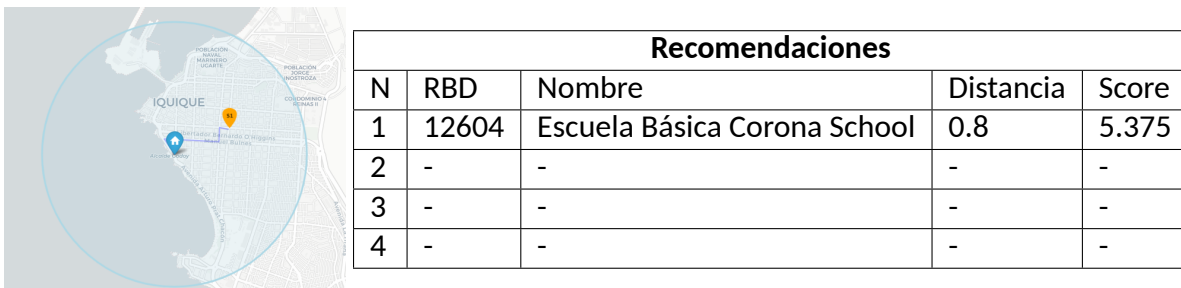
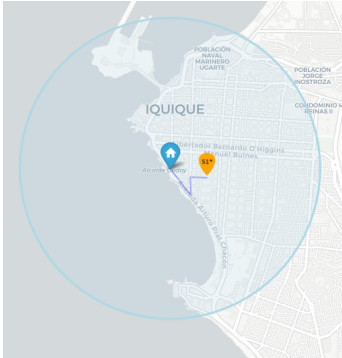


Figura 37: Mapa de recomendaciones para Usuario 2 en la Región de Tarapacá.

Fuente: Elaboración Propia.

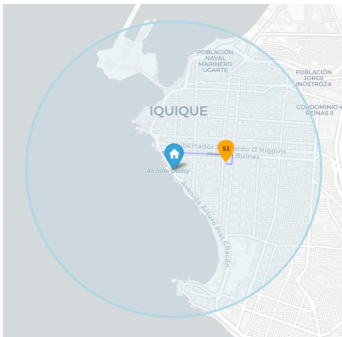
Usuario 3: Postula a 3ro Medio, género Mujer, establecimiento Particular o Subvencionado, Católico con un valor de pago mensual de \$100.000 o menos.



Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	127	Liceo Maria Auxiliadora 1	0.5	5.03
2	-	-	-	-
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-

Figura 38: Mapa de recomendaciones para Usuario 3 en la Región de Tarapacá.
Fuente: Elaboración Propia.

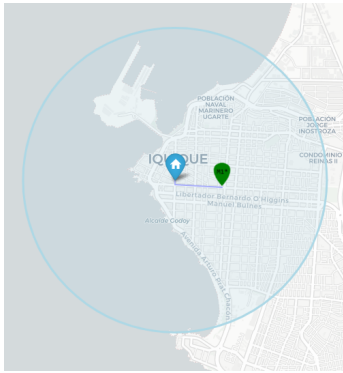
Usuario 4: Postula a 2do Básico, género Hombre, establecimiento Particular o Subvencionado de cualquier orientación religiosa con un valor de pago mensual de mas de \$100.000.



Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	127	Colegio Academia Tarapacá Orella	0.5	5.07
2	-	-	-	-
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-

Figura 39: Mapa de recomendaciones para Usuario 4 en la Región de Tarapacá.
Fuente: Elaboración Propia.

Usuario 5: Postula a 5to Básico, género Mujer, establecimiento Municipal con cualquier orientación religiosa gratuito.

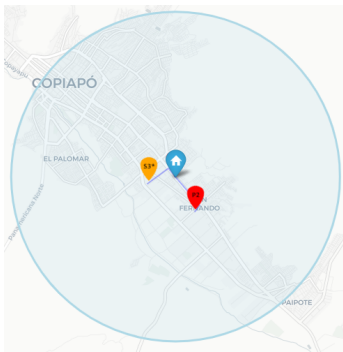


Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	110	Liceo Bicentenario Dgo. Santa María de IQQ.	0.8	4.928
2	-	-	-	-
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-

Figura 40: Mapa de recomendaciones para Usuario 5 en la Región de Tarapacá.
Fuente: Elaboración Propia.

12.0.2 ATACAMA

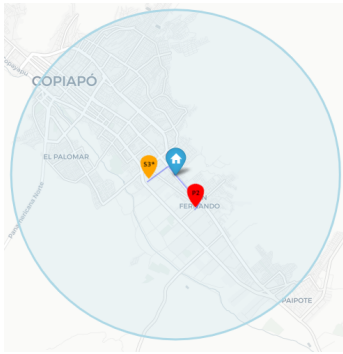
Usuario 1: Postula a 1ro Básico, género Mujer, cualquier tipo de establecimiento con cualquier orientación religiosa o pago mensual.



Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	13190	Colegio San Francisco de la Selva	0.02	5.029
2	13117	Colegio Particular San Lorenzo	1.0	5.028
3	13188	Colegio Cervatino 1	0.7	5.025
4	-	-	-	-

Figura 41: Mapa de recomendaciones para Usuario 1 en la Región de Atacama.
Fuente: Elaboración Propia.

Usuario 2: Postula a 7mo Básico, género Hombre, establecimiento Subvencionado, Laico con cualquier valor de pago mensual.

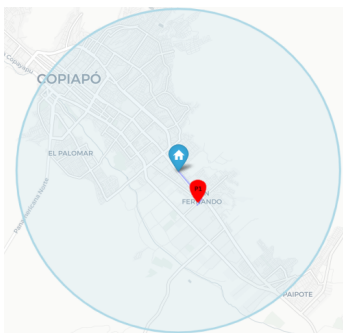


Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	13112	Colegio San Agustín de Atacama	0.6	5.276
2	-	-	-	-
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-

Figura 42: Mapa de recomendaciones para Usuario 1 en la Región de Atacama.
Fuente: Elaboración Propia.

Usuario 3: No existen suficientes establecimientos Particulares Católicos para realizar la recomendación.

Usuario 4: Postula a 2do Básico, género Hombre, establecimiento Particular o Subvencionado de cualquier orientación religiosa con un valor de pago mensual de mas de \$100.000.



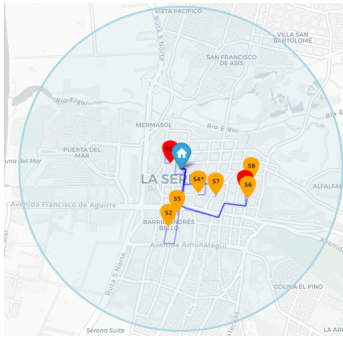
Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	13117	Colegio Particular San Lorenzo	1.0	5.429
2	-	-	-	-
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-

Figura 43: Mapa de recomendaciones para Usuario 4 en la Región de Atacama.
Fuente: Elaboración Propia.

Usuario 5: No existen suficientes establecimientos Municipales para realizar la recomendación.

12.0.3 COQUIMBO

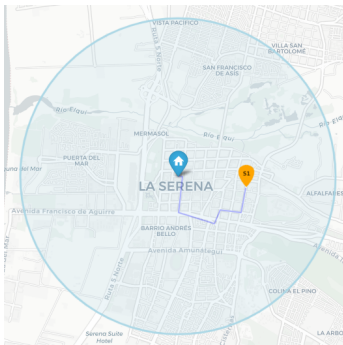
Usuario 1: Postula a 1ro Básico, género Mujer, cualquier tipo de establecimiento con cualquier orientación religiosa o pago mensual.



Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	582	Colegio Andres Bello 1	0.1	4.919
2	570	Colegio Elena Bettini 1	0.7	4.915
3	580	Colegio Geronimo Rendic	0.8	4.912
4	568	Colegio San Antonio 1	0.4	4.910

Figura 44: Mapa de recomendaciones para Usuario 1 en la Región de Coquimbo.
Fuente: Elaboración Propia.

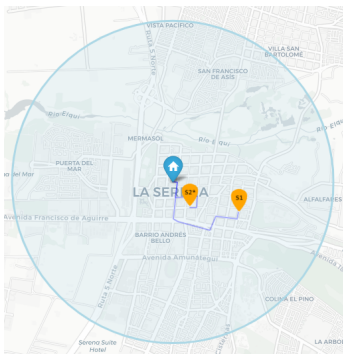
Usuario 2: Postula a 7mo Básico, género Hombre, establecimiento Subvencionado, Laico gratuito.



Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	40194	Colegio Domingo Santa Maria 2	0.9	4.645
2	-	-	-	-
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-

Figura 45: Mapa de recomendaciones para Usuario 2 en la Región de Coquimbo.
Fuente: Elaboración Propia.

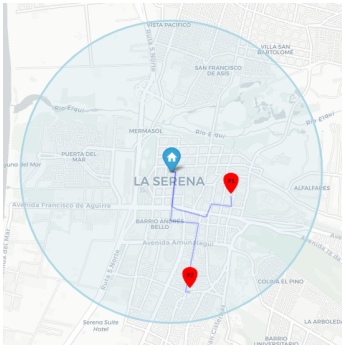
Usuario 3: Postula a 3ro Medio, género Mujer, establecimiento Particular o Subvencionado, Católico con cualquier valor de pago mensual.



Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	579	Colegio Seminario Conciliar	0.9	4.957
2	568	Colegio San Antonio 1	0.4	4.953
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-

Figura 46: Mapa de recomendaciones para Usuario 3 en la Región de Coquimbo.
Fuente: Elaboración Propia.

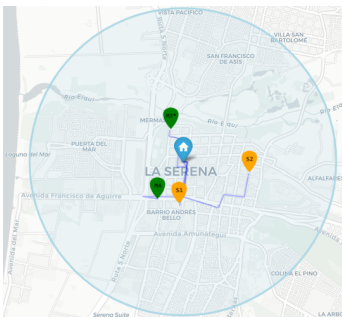
Usuario 4: Postula a 2do Básico, género Hombre, establecimiento Particular o Subvencionado de cualquier orientación religiosa con un valor de pago mensual de mas de \$100.000.



Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	580	Colegio Geronimo Rendic	0.9	5.141
2	587	Colegio Serena	1.6	5.134
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-

Figura 47: Mapa de recomendaciones para Usuario 4 en la Región de Coquimbo.
Fuente: Elaboración Propia.

Usuario 5: Postula a 5to Básico, género Mujer, establecimiento Municipal o Subvencionado con cualquier orientación religiosa gratuito.

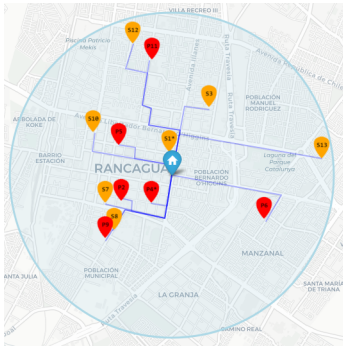


Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	13330	Colegio Particular Pierrot	0.6	5.167
2	40194	Colegio Domingo Santa Maria 2	0.9	5.161
3	306	Colegio Gabriel Gonzales Videla	0.4	5.116
4	522	Colegio Javiera Carrera	0.6	4.161

Figura 48: Mapa de recomendaciones para Usuario 5 en la Región de Coquimbo.
Fuente: Elaboración Propia.

12.0.4 LIBERTADOR GENERAL BERNADOR O'HIGGINS

Usuario 1: Postula a 1ro Básico, género Mujer, cualquier tipo de establecimiento con cualquier orientación religiosa o pago mensual.

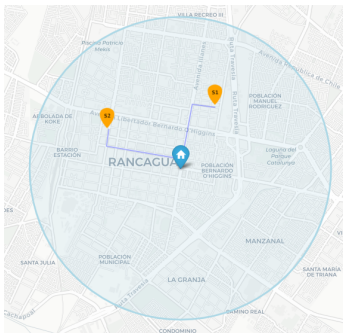


Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	2166	Instituto Regional de Educación	0.3	5.032
2	2200	Instituto O'Higgins	0.7	5.031
3	2165	Colegio Niño Jesus de Praga 2	0.9	5.030
4	2170	Colegio Particular Javiera Carrera	0.4	5.029

Figura 49: Mapa de recomendaciones para Usuario 1 en la Región de O'Higgins.

Fuente: Elaboración Propia.

Usuario 2: Postula a 7mo Básico, género Hombre, establecimiento Subvencionado, con cualquier orientación religiosa gratuito.

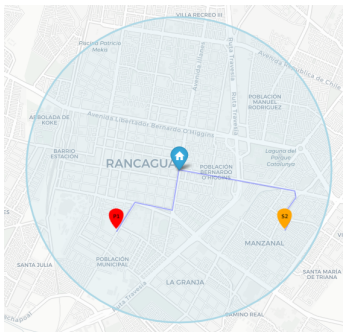


Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	2165	Colegio Niño Jesus de Praga 2	0.9	4.983
2	2167	Instituto Sewell	1.1	4.973
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-

Figura 50: Mapa de recomendaciones para Usuario 2 en la Región de O'Higgins.

Fuente: Elaboración Propia.

Usuario 3: Postula a 3ro Medio, género Mujer, establecimiento Particular o Subvencionado, Católico con cualquier valor de pago mensual.

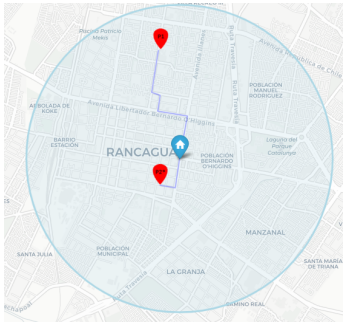


Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	579	Colegio Seminario Conciliar	0.9	4.957
2	568	Colegio San Antonio 1	0.4	4.953
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-

Figura 51: Mapa de recomendaciones para Usuario 3 en la Región de O'Higgins.

Fuente: Elaboración Propia.

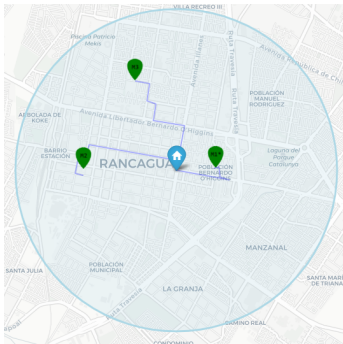
Usuario 4: Postula a 2do Básico, género Hombre, establecimiento Particular o Subvencionado de cualquier orientación religiosa con un valor de pago mensual de mas de \$100.000.



Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	15707	Colegio Rancagua	1.4	5.034
2	2170	Colegio Particular Javiera Carrera	0.4	5.031
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-

Figura 52: Mapa de recomendaciones para Usuario 4 en la Región de O'Higgins.
Fuente: Elaboración Propia.

Usuario 5: Postula a 5to Básico, género Mujer, establecimiento Municipal o Subvencionado con cualquier orientación religiosa gratuito..

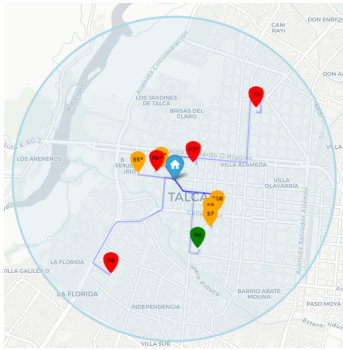


Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	2123	Instituto Tecnológico Minero Bdo. O'Higgins	0.5	5.062
2	2121	Colegio Republica Argentina	1.2	5.008
3	2116	Colegio Municipal Eduardo de Geyter	1.2	4.996
4	-	-	-	-

Figura 53: Mapa de recomendaciones para Usuario 5 en la Región de O'Higgins.
Fuente: Elaboración Propia.

12.0.5 MAULE

Usuario 1: Postula a 1ro Básico, género Mujer, cualquier tipo de establecimiento con cualquier orientación religiosa o pago mensual.

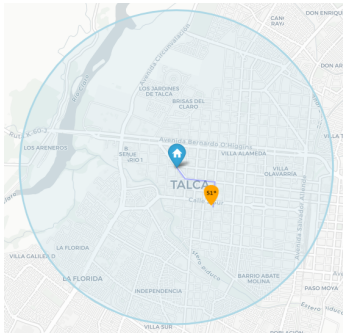


Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	16627	Colegio San Ignacio de Talca	0.1	4.977
2	16497	Colegio Andes de Talca	1.3	4.975
3	3012	Colegio de la Salle 1	0.3	4.974
4	2930	Liceo de Cultura y Difusión Artística	0.94	4.971

Figura 54: Mapa de recomendaciones para Usuario 1 en la Región de Maule.

Fuente: Elaboración Propia.

Usuario 2: Postula a 7mo Básico, género Hombre, establecimiento Subvencionado, Laico gratuito.

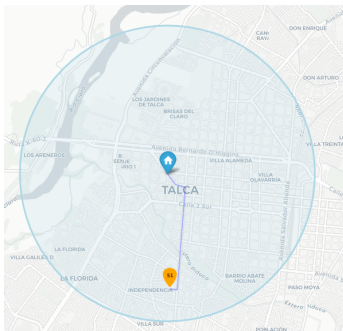


Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	3013	Colegio Juan Ignacio Molina	0.7	4.972
2	-	-	-	-
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-

Figura 55: Mapa de recomendaciones para Usuario 2 en la Región de Maule.

Fuente: Elaboración Propia.

Usuario 3: Postula a 3ro Medio, género Mujer, establecimiento Particular o Subvencionado, Católico con un valor de pago mensual de \$100.000 o menos.

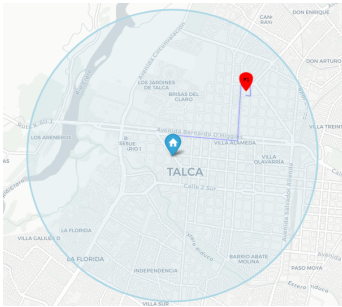


Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	16446	Colegio Juan Piamarta	1.5	4.998
2	-	-	-	-
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-

Figura 56: Mapa de recomendaciones para Usuario 3 en la Región de Maule.

Fuente: Elaboración Propia.

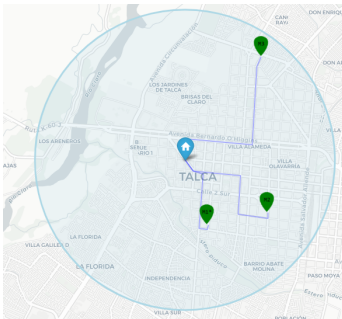
Usuario 4: Postula a 2do Básico, género Hombre, establecimiento Particular o Subvencionado de cualquier orientación religiosa con un valor de pago mensual de \$50.001 o mas.



Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	16497	Colegio Andes de Talca	1.3	5.098
2	-	-	-	-
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-

Figura 57: Mapa de recomendaciones para Usuario 4 en la Región de Maule.
Fuente: Elaboración Propia.

Usuario 5: Postula a 5to Básico, género Mujer, establecimiento Municipal con cualquier orientación religiosa gratuito.

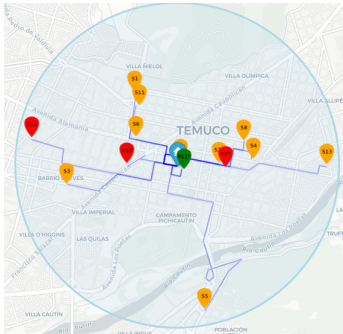


Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	2930	Liceo de Cultura y Difusión Artística	0.9	4.939
2	2949	Escuela Básica 2	1.3	4.923
3	2945	Escuela Prosperidad	1.7	4.670
4	-	-	-	-

Figura 58: Mapa de recomendaciones para Usuario 5 en la Región de Maule.
Fuente: Elaboración Propia.

12.0.6 ARAUCANÍA

Usuario 1: Postula a 1ro Básico, género Mujer, cualquier tipo de establecimiento con cualquier orientación religiosa o pago mensual.

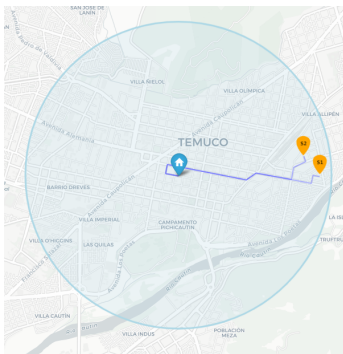


Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	20181	Colegio Saint Patrick School	1.0	5.018
2	5816	Colegio Metodista	0.5	5.012
3	5813	Colegio Centenario 1	1.4	5.011
4	5654	Instituto Claret	0.9	5.011

Figura 59: Mapa de recomendaciones para Usuario 1 en la Región de Araucanía.

Fuente: Elaboración Propia.

Usuario 2: Postula a 7mo Básico, género Hombre, establecimiento Subvencionado, Laico gratuito.

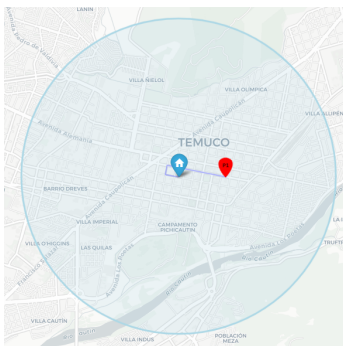


Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	5703	Liceo Bicentenario de Excelencia Técnico...	1.8	4.802
2	5698	Escuela Particular Araucania 1	1.7	4.026
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-

Figura 60: Mapa de recomendaciones para Usuario 2 en la Región de Araucanía.

Fuente: Elaboración Propia.

Usuario 3: Postula a 3ro Medio, género Mujer, establecimiento Particular o Subvencionado, Católico con un valor de pago mensual de \$50.001 o mas.

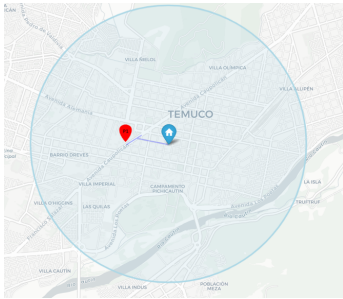


Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	5808	Colegio de la Salle 2	0.6	5.030
2	-	-	-	-
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-

Figura 61: Mapa de recomendaciones para Usuario 3 en la Región de Araucanía.

Fuente: Elaboración Propia.

Usuario 4: Postula a 2do Básico, género Hombre, establecimiento Particular o Subvencionado de cualquier orientación religiosa con un valor de pago mensual de mas de \$100.000.

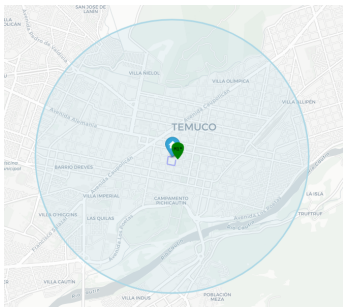


Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	5810	Colegio Bautista	0.6	5.039
2	-	-	-	-
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-

Figura 62: Mapa de recomendaciones para Usuario 4 en la Región de Araucanía.

Fuente: Elaboración Propia.

Usuario 5: Postula a 5to Básico, género Mujer, establecimiento Municipal con cualquier orientación religiosa gratuito.



Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	5569	Liceo Gabriela Mistral de Temuco	0.1	5.325
2	-	-	-	-
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-

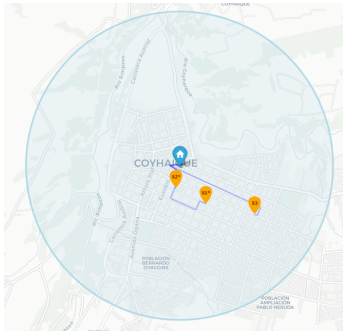
Figura 63: Mapa de recomendaciones para Usuario 5 en la Región de Araucanía.

Fuente: Elaboración Propia.

12.0.7 AYSÉN DEL GENERAL CARLOS IBÁÑEZ DEL CAMPO

En general se aumento el rango de búsqueda a 4 kilómetros para lograr encontrar recomendaciones.

Usuario 1: Postula a 1ro Básico, género Mujer, cualquier tipo de establecimiento con cualquier orientación religiosa o pago mensual.

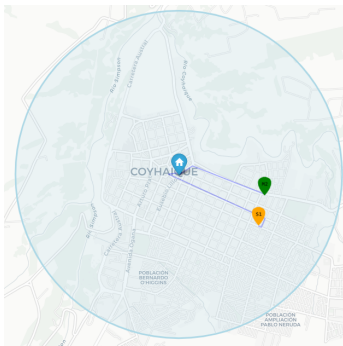


Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	24224	Colegio Antoine de Saint Exupery	0.6	5.021
2	8367	Colegio Mater Dei de Coyhaique	0.3	5.014
3	24206	Centro Integral de Educación Alborada	1.2	5.010
4	-	-	-	-

Figura 64: Mapa de recomendaciones para Usuario 1 en la Región de Aysén.

Fuente: Elaboración Propia.

Usuario 2: Postula a 7mo Básico, género Hombre, establecimiento Subvencionado o Municipal, Laico gratuito.



Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	24206	Centro Integral de Educación Alborada	1.1	5.019
2	8348	Escuela Baquedano	1.1	4.033
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-

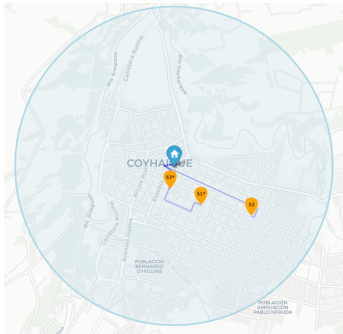
Figura 65: Mapa de recomendaciones para Usuario 2 en la Región de Aysén.

Fuente: Elaboración Propia.

Usuario 3: No se presentan establecimientos Particulares para realizar la recomendación.

Usuario 4: No se presentan establecimientos Particulares para realizar la recomendación.

Usuario 5: Postula a 5to Básico, género Mujer, establecimiento Municipal o Subvencionado con cualquier orientación religiosa gratuito..

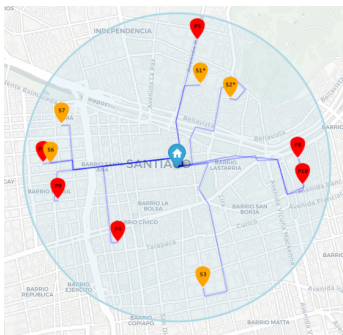


Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	24224	Colegio Antoine de Saint Exupery	0.6	4.929
2	24206	Centro Integral de Educación Alborada	1.1	4.926
3	8367	Colegio Mater Dei de Coyhaique	0.3	4.924
4	-	-	-	-

Figura 66: Mapa de recomendaciones para Usuario 5 en la Región de Aysén.
Fuente: Elaboración Propia.

12.0.8 METROPOLITANA DE SANTIAGO

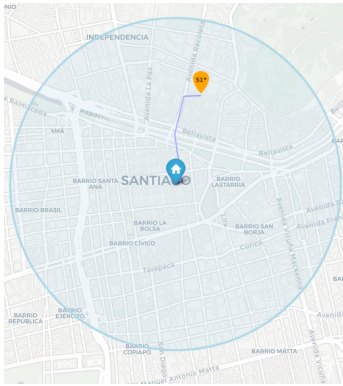
Usuario 1: Postula a 1ro Básico, género Mujer, cualquier tipo de establecimiento con cualquier orientación religiosa o pago mensual.



Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	8682	Colegio Rafael Sanhueza Lizardi	1.1	5.045
2	8363	Liceo Leonardo Murialdo	1.1	5.043
3	8627	Colegio Santa Maria de Santiago	1.6	5.039
4	8609	Colegio San Ignacio 5	1.2	5.037

Figura 67: Mapa de recomendaciones para Usuario 1 en la Región de Metropolitana.
Fuente: Elaboración Propia.

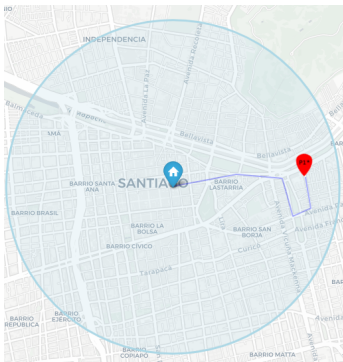
Usuario 2: Postula a 7mo Básico, género Hombre, establecimiento Subvencionado, Laico gratuito.



Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	8682	Colegio Rafael Sanhueza Lizardi	1.1	5.031
2	-	-	-	-
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-

Figura 68: Mapa de recomendaciones para Usuario 2 en la Región de Metropolitana.
Fuente: Elaboración Propia.

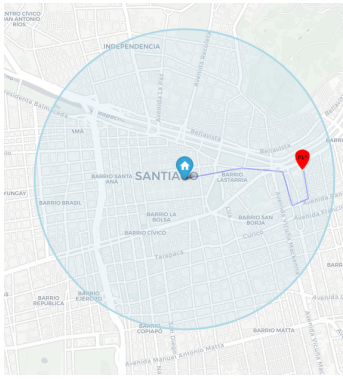
Usuario 3: Postula a 3ro Medio, género Mujer, establecimiento Particular o Subvencionado, Católico con un valor de pago mensual de \$50.001 o mas.



Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	8950	Colegio Compañía de Maria-Seminario	1.6	5.317
2	-	-	-	-
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-

Figura 69: Mapa de recomendaciones para Usuario 2 en la Región de Metropolitana.
Fuente: Elaboración Propia.

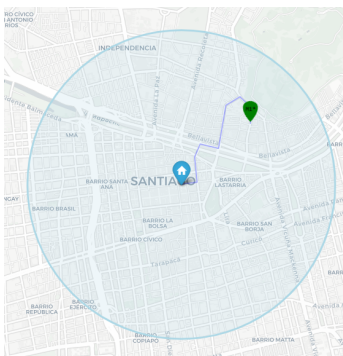
Usuario 4: Postula a 2do Básico, género Hombre, establecimiento Particular de cualquier orientación religiosa con un valor de pago mensual de mas de \$100.000



Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	8950	Colegio Compañía de Maria-Seminario	1.6	5.531
2	-	-	-	-
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-

Figura 70: Mapa de recomendaciones para Usuario 3 en la Región de Metropolitana.
Fuente: Elaboración Propia.

Usuario 5: Postula a 5to Básico, género Mujer, establecimiento Municipal con cualquier orientación religiosa gratuito.

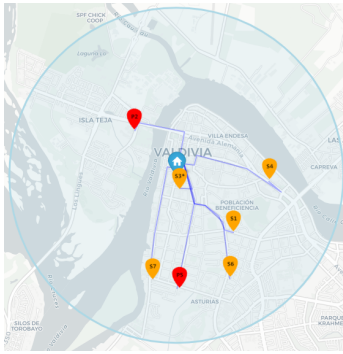


Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	20440	Liceo Doctor Juan Verdaguer Planas	1.2	4.811
2	-	-	-	-
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-

Figura 71: Mapa de recomendaciones para Usuario 5 en la Región de Metropolitana.
Fuente: Elaboración Propia.

12.0.9 LOS RÍOS

Usuario 1: Postula a 1ro Básico, género Mujer, cualquier tipo de establecimiento con cualquier orientación religiosa o pago mensual.

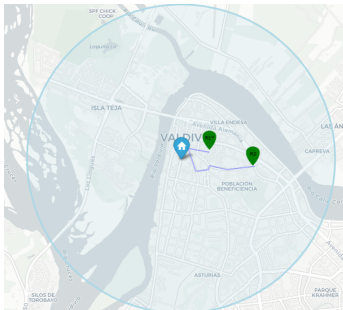


Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	22014	Colegio Baquedano	1.0	5.042
2	6844	Instituto Alemán Carlos Anwanter	0.7	5.038
3	22351	Instituto Inmaculada Concepción	0.2	5.035
4	6832	Colegio Maria Auxiliadora 5	1.1	5.034

Figura 72: Mapa de recomendaciones para Usuario 1 en la Región de Los Ríos.

Fuente: Elaboración Propia.

Usuario 2: Postula a 7mo Básico, género Hombre, establecimiento Subvencionado o Municipal, Laico gratuito..



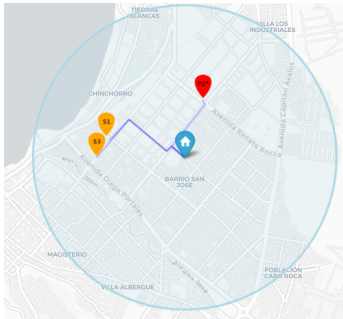
Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	6781	Escuela Alemania 4	1.1	4.007
2	6764	Escuela España 10	0.9	3.984
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-

Figura 73: Mapa de recomendaciones para Usuario 2 en la Región de Los Ríos.

Fuente: Elaboración Propia.

Usuario 3: No hay suficientes establecimientos Particulares Católico para realizar la recomendación.

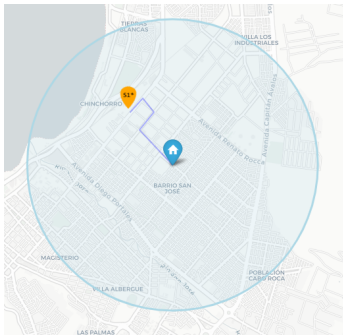
Usuario 4: Postula a 2do Básico, género Hombre, establecimiento Particular o Subvencionado de cualquier orientación religiosa con un valor de pago mensual de mas de \$100.000.



Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	52	Liceo Bicentenario Domingo Santa Maria	1.1	4.974
2	69	Junior College	0.8	4.973
3	56	Colegio San Marcos de Arica	1.2	4.969
4	-	-	-	-

Figura 76: Mapa de recomendaciones para Usuario 1 en la Región de Arica y Parinacota.
Fuente: Elaboración Propia.

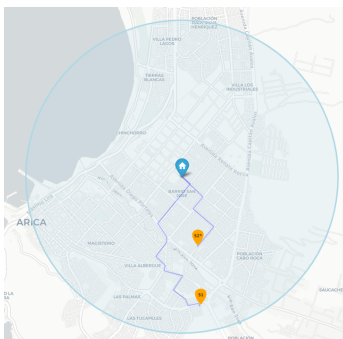
Usuario 2: Postula a 7mo Básico, género Hombre, establecimiento Subvencionado, Laico o Católico gratuito.



Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	30001	The International School Arica	1.0	4.761
2	-	-	-	-
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-

Figura 77: Mapa de recomendaciones para Usuario 2 en la Región de Arica y Parinacota.
Fuente: Elaboración Propia.

Usuario 3: Postula a 3ro Medio, género Mujer, establecimiento Particular o Subvencionado, Católico con cualquier valor de pago mensual en un rango mayor.



Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	12547	Colegio Saucache	2.5	4.956
2	12720	Colegio Adolfo Beyzaga Ovando	1.4	4.950
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-

Figura 78: Mapa de recomendaciones para Usuario 2 en la Región de Arica y Parinacota.
Fuente: Elaboración Propia.

Usuario 4: No hay suficientes establecimientos Particulares para realizar la recomendación.

Usuario 5: No hay suficientes establecimientos Municipales para realizar la recomendación.

12.0.11 ÑUBLE

Usuario 1: Postula a 1ro Básico, género Mujer, cualquier tipo de establecimiento con cualquier orientación religiosa o pago mensual.



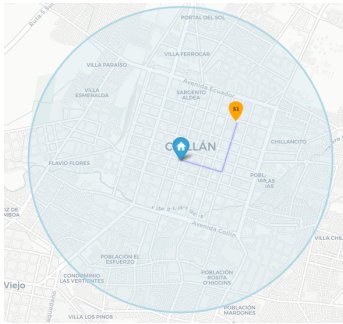
Figura 79: Mapa de recomendaciones para Usuario 1 en la Región de Ñuble.
Fuente: Elaboración Propia.

Usuario 2: Postula a 7mo Básico, género Hombre, establecimiento Subvencionado o Municipal, Laico gratuito.



Figura 80: Mapa de recomendaciones para Usuario 2 en la Región de Ñuble.
Fuente: Elaboración Propia.

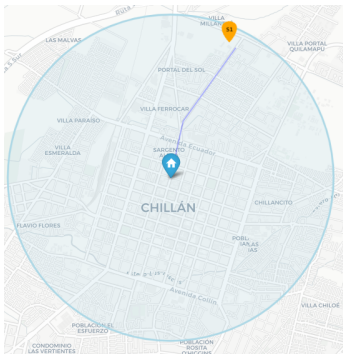
Usuario 3: Postula a 3ro Medio, género Mujer, establecimiento Particular o Subvencionado, Católico con cualquier valor de pago mensual.



Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	3728	Colegio San Buenaventura	0.9	5.033
2	-	-	-	-
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-

Figura 81: Mapa de recomendaciones para Usuario 2 en la Región de Ñuble.
Fuente: Elaboración Propia.

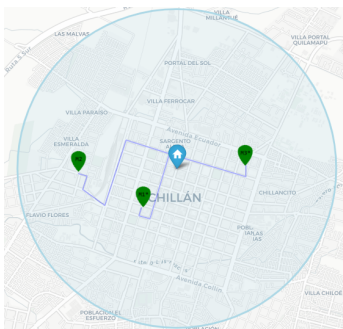
Usuario 4: Postula a 2do Básico, género Hombre, establecimiento Particular o Subvencionado de cualquier orientación religiosa con un valor de pago mensual de mas de \$100.000.



Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	3716	Colegio Seminario Padre Alberto Hurtado	1.8	4.512
2	-	-	-	-
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-

Figura 82: Mapa de recomendaciones para Usuario 3 en la Región de Ñuble.
Fuente: Elaboración Propia.

Usuario 5: Postula a 5to Básico, género Mujer, establecimiento Municipal con cualquier orientación religiosa gratuito.



Recomendaciones				
N	RBD	Nombre	Distancia	Score
1	3662	Liceo República de Italia	1.2	5.101
2	3639	Liceo Narciso Tondreau	0.7	5.097
3	3670	Escuela Básica Reyes de España	0.9	4.888
4	-	-	-	-

Figura 83: Mapa de recomendaciones para Usuario 5 en la Región de Ñuble.
Fuente: Elaboración Propia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [Kor, 2009] (2009). Matrix factorization techniques for recommender systems. *Computer*, 42(8):30–37.
- [Agencia de Calidad de la Educación, 2024] Agencia de Calidad de la Educación (2024). Mapa de establecimientos educacionales. <https://localizar.agenciaeducacion.cl/>. Accedido en 2024-06-02.
- [Catalán y Cordero, 2023] Catalán, R. y Cordero, E. (2023). Sistema de admisión escolar (sae): Más allá de la tómbola. *CIPER Chile*. Accedido en 2024-06-02.
- [Colegios en Chile, 2024] Colegios en Chile (2024). Colegios en Chile. <https://colegiosenchile.cl/>. Accedido en 2024-06-02.
- [Doshi, 2019] Doshi, S. (2019). Brief on recommender systems. <https://towardsdatascience.com/brief-on-recommender-systems-b86a1068a4dd>. Towards Data Science.
- [Floor, 2020] Floor, P. (2020). Busca colegios. <https://www.buscacolegios.cl/>. Accedido en 2024-06-10.
- [Icaran, 2020] Icaran, R. (2020). Worthwhile or not? estimating the impacts of ai-based recommendation systems on chile’s school choice system. Master’s thesis, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- [Instituto Nacional de Estadísticas (INE), 2017] Instituto Nacional de Estadísticas (INE) (2017). Síntesis de Resultados Censo 2017.
- [Limanto *et al.*, 2022] Limanto, S., Asmawati, E., y Putra, Y. W. (2022). School finder, intelligent recommendation system for elementary school selection. En *AIP Conference Proceedings*, volumen 2470, p. 050002. AIP Publishing.
- [Ministerio de Educación, 2023a] Ministerio de Educación (2023a). ¿cómo funciona? Accedido en 2024-06-12.
- [Ministerio de Educación, 2023b] Ministerio de Educación (2023b). ¿cómo postular? Accedido en 2024-06-12.
- [Peraita, 2022] Peraita, L. (2022). Cómo reducir la ansiedad de los padres cuando tienen que elegir colegio para sus hijos.
- [Pham, 2022] Pham, K. (2022). What are recommendation systems? Accedido en 2024-06-12.
- [Raghuwanshi y Pateriya, 2019] Raghuwanshi, S. y Pateriya, R. (2019). Recommendation systems: Techniques, challenges, application, and evaluation. *SocProS 2017, Volume 2*.

- [SAE Informado, 2023] SAE Informado (2023). Sae informado. Accedido en 2024-06-12.
- [Salazar, 2014] Salazar, P. (2014). En qué se fijan los apoderados a la hora de elegir colegios.
- [School Partner, 2023] School Partner (2023). Admisión escolar en colegios particulares. Accessed: 2023-06-24.
- [Senado de Chile, 2023] Senado de Chile (2023). Avanzan en normas para colegios particulares: reconocimiento oficial y admisión escolar. Accessed: 2023-06-24.
- [Sotelo, 2022] Sotelo, J. (2022). Sistema de recomendación de colegios basado en factorización matricial.