



UNIVERSIDAD TECNICA
FEDERICO SANTA MARIA

Departamento de Obras Civiles

REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE PRIORIZACIÓN PARA LAS SECCIONES DE LA RED PRIMARIA NACIONAL DE AEROPUERTOS

Memoria de Título presentada por

Claudio Andrés García Barra

como requisito parcial para optar al título de la carrera de

Ingeniería Civil

Profesor Guía
Gabriel García Saá y Alelí Osorio Lird

Octubre de 2025



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ Memoria o trabajo de título ☐ Tesis de Postgrado

Título del trabajo: REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE PRIORIZACIÓN PARA LAS SECCIONES DE LA RED PRIMARIA NACIONAL DE AEROPUERTOS

Nombre del candidato(a): Claudio García Barra

Carrera / Grado: Ingeniería Civil

Campus: San Joaquín Departamento: Obras Civiles

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Gabriel García Saá / Aleli Osorio Lird, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

☒ El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por (**marcar una opción**):

☐ 6 meses ☐ 12 meses ☐ 2 años ☐ 3 años ☐ 5 años ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 15/12/2025

Firma:

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 15/12/2025

Firma:

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.



UNIVERSIDAD TECNICA
FEDERICO SANTA MARIA

TITULO DE LA TESIS:

**REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE
PRIORIZACIÓN PARA LAS SECCIONES DE LA RED PRIMARIA
NACIONAL DE AEROPUERTOS**

AUTOR:

CLAUDIO ANDRÉS GARCÍA BARRA

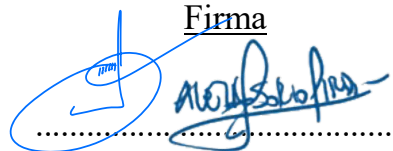
TRABAJO DE MEMORIA, presentado como requisito parcial para optar al título de la carrera de INGENIERIA CIVIL de la Universidad Técnica Federico Santa María.

Nombre

Firma

Prof. Guía

Gabriel García/Aleli Osorio



Miembro 1 Comisión

.....

Miembro 2 Comisión

.....

Santiago, Chile, Octubre de 2025

REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE PRIORIZACIÓN PARA LAS SECCIONES DE LA RED PRIMARIA NACIONAL DE AEROPUERTOS

Claudio García Barra, Alelí Osorio Lird, Gabriel García Saá

Universidad Técnica Federico Santa María

1 Introducción y Contextualización

El transporte aéreo en Chile ha seguido un crecimiento sostenido en los últimos años, registrando en el año 2019 un aumento del 6.3% equivalente a un incremento de 26 millones de pasajeros. Este incremento resalta la importancia de actualizar la infraestructura de la red aeroportuaria ante estas nuevas exigencias, debido a que esta no solo es de vital importancia para el desarrollo económico y conectividad del país, sino que también ha resultado ser clave para enfrentar catástrofes y emergencias (Dirección de Aeropuertos, Balance de Gestión Integral AÑO 2021, 2021). La Dirección de Aeropuertos ha desarrollado una serie de herramientas aisladas para ayudar en el proceso de toma de decisiones enfocadas a la gestión de pavimentos aeroportuarios, las cuales no se han logrado integrar en una única herramienta que agilice dicha labor (Tolmo, 2020).

Durante el año 2020, la Dirección de Aeropuertos invirtió MM\$ 58.418, de los cuales MM\$ 41.268 fueron destinados a la conservación de la infraestructura aeroportuaria, siendo más del 70% del presupuesto total del año 2020 (Dirección de Aeropuertos, Balance de Gestión Integral AÑO 2021, 2021) denotando la gran importancia que los mantenimientos y rehabilitaciones juegan en el presupuesto. Es por esta razón que cada vez se hace más necesaria la implementación de un sistema de gestión de pavimentos aeroportuarios (SGPA), el cual es una herramienta que prioriza el mantenimiento y rehabilitación basada en el análisis costo beneficio y modelos de rendimiento de pavimentos que conforman la red aeroportuaria (Tofail, Oh, Chai, & Bell, 2020). La implementación de esta herramienta ayudaría a la Dirección de Aeropuertos a encontrar tratamientos óptimos y rentables para preservar los pavimentos de la red nacional.

En Chile, la Dirección de Aeropuertos aplica una metodología reactiva para la conservación de los pavimentos aeroportuarios que conforman la red nacional, esta metodología no permite una eficaz distribución y asignación de recursos, los cuales en el contexto nacional son limitados (Rojas, 2017). Si bien la Dirección de Aeropuertos cuenta con la herramienta de la matriz de priorización, su aplicación ha sido limitada debido a la falta de integración de datos homogéneos correspondiente a la calidad de los pavimentos aeroportuarios y por la ausencia de un modelo de predicción de rendimiento que permita planificar con precisión la condición de los pavimentos a largo plazo (Tolmo, 2020), dejando esta metodología de priorización obsoleta debido a que no recoge todos los criterios que la Dirección de Aeropuertos analiza para priorizar un mantenimiento.

Esta memoria tiene como objetivo proponer e implementar una nueva matriz de priorización para determinar qué pavimentos de la red primaria aeroportuaria nacional necesitan intervenciones de mantenimiento o rehabilitación. Esto permitirá asegurar que toda la infraestructura aeroportuaria se encuentre en condiciones óptimas para su correcto funcionamiento, optimizando el uso de los recursos disponibles a lo largo del tiempo. La metodología de priorización se basa en el Modelo Analítico Jerárquico (AHP) e integra criterios técnicos, económicos y de seguridad aeronáutica. Para su desarrollo, se han identificado los criterios clave a través de revisión de literatura, consultas con expertos y el desarrollo junto a la validación de un marco de criterios alineado a las necesidades de la Dirección de Aeropuertos. Además, se ha desarrollado una metodología de priorización que incluye el diseño de la base de datos y de la matriz de priorización, así como su compatibilización con el sistema de gestión de pavimentos aeroportuarios y la elaboración de un manual de usuario. Finalmente, esta metodología será aplicada en el Aeródromo La Florida.

2 Marco Teórico Ampliado

2.1 Sistema de Gestión de Pavimentos

La priorización de mantenimientos aeroportuarios es parte de un sistema de gestión de pavimentos aeroportuarios, el cual corresponde a una herramienta utilizada como ayuda en la toma de decisiones sobre las estrategias que permiten mantener estos pavimentos en óptimas condiciones (Di Mascio & Moretti, 2019) a costos reducidos, realizando intervenciones de manera anticipada (Tolmo, 2020), tomando en consideración criterios sostenibles (Di Mascio & Moretti, 2019), analizando las prioridades y recursos de los aeropuertos. Este sistema se compone de diferentes partes en las cuales se realizan distintos procedimientos los cuales son: inventario de los pavimentos existentes; seguimiento de su rendimiento, planificación y programación de actividades de mantenimiento y rehabilitación; evaluación de la eficacia y de los costes de las actividades de mantenimiento a ejecutar y las realizadas con anterioridad (Di Mascio & Moretti, 2019).

2.2 Metodología de Priorización Empleada por la Dirección de Aeropuertos

La Dirección de Aeropuertos desarrolló la matriz de priorización la cual es una herramienta con la finalidad de identificar mediante un modelo matemático cuales son las secciones de los pavimentos de la red primaria nacional que requieren con mayor urgencia trabajos de mantenimiento o rehabilitación (Rojas, 2017). Esta matriz emplea un índice de priorización para asignar la prioridad correspondiente a cada sección de los pavimentos que conforman la red primaria nacional, una vez designado el índice de priorización la matriz entrega un ranking donde se encuentran todas las secciones de los pavimentos de todos los aeropuertos ordenadas de menor a mayor, indicando que el pavimento con menor índice de priorización necesita ser intervenido con mayor necesidad (Rojas, 2017).

En la Ecuación 1, el Índice de Condición de Pavimento (PCI), es el principal factor para determinar el Índice de Priorización. El PCI es ponderado por el promedio de tres factores de reducción que son características relacionadas con las operaciones y la asignación del área de movimiento de cada sección de pavimento que compone la red primaria nacional (Rojas, 2017).

Para evaluar la condición de los pavimentos flexibles y rígidos de manera objetiva se utiliza el Índice de Condición de Pavimento (PCI) desarrollado por el Cuerpo Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, el cual corresponde a calificar los pavimentos con un valor entre 0 y 100 a través de un análisis visual realizado en terreno de forma fácil y simple, con proceso estandarizado considerando el tipo, cantidad y severidad de los deterioros. Esto se traduce en la condición del pavimento, donde 100 es un pavimento en perfecto estado y 0 representa un pavimento en su peor condición de deterioro posible. En el caso de los pavimentos aeroportuarios se establecen rangos para determinar el estado de un pavimento, donde [70-55] significa que se requiere intervenir el pavimento con mantenimiento o rehabilitación, bajo este rango se establece el punto de no retorno (PCI igual a 55), para lo cual requerirá una mayor intervención e inversión (Rojas, 2017).

$$\text{Índice de Priorización} = PCI * \left(\frac{\text{Fact. Desp.} + \text{Fact. Rama} + \text{Fact. Sec. Carac.}}{3} \right) \quad (1)$$

Donde:

PCI: Índice de Condición de Pavimento.

Fact. Desp.: Factor de Despegues.

Fact. Rama: Factor de Rama.

Fact. Sec. Carac.: Factor de Secciones Características.

La Ecuación 1 presenta el cálculo del Índice de Priorización, los factores de minoración presentes en esta ecuación son los siguientes: las operaciones aéreas se verán representadas a través del Factor de Despegues, el cual considera solamente el despegue ya que es donde se genera la mayor solicitud. El Factor de Rama tiene relación con el uso que tiene un área, esto debido a que existen zonas con mayor solicitud. Este factor se encuentra en un rango de [0,8-1], lo cual determina las prioridades teniendo en cuenta factores como ramas que no cuentan con ruta alternativa o plataformas que presentan menor cantidad de estacionamientos. El Factor de Secciones Características se encuentra relacionado al uso asignado al aérea de movimiento otorgándoles un factor menor a las secciones más críticas y su rango es de [0,8-1] (Rojas, 2017).

2.3 Metodología de Priorización Empleada por la 1 Canadian Air División

En Canadá se desarrolló una metodología de priorización para ser implementada en un sistema de gestión de pavimentos aeroportuarios. Su objetivo es ordenar los pavimentos de toda la red mediante la ponderación de factores según las características de cada tramo. Primero, se elabora un listado de la red y a cada tramo se le asigna una Puntuación de Prioridad (PS). Luego, se evalúan las alternativas de mantención y rehabilitación mediante el análisis del coste del ciclo de vida (LCCA) y se selecciona la opción con mayor Puntuación Final de Prioridad (FPS). Finalmente, se aplican las restricciones presupuestarias y se seleccionan las alternativas de mantenimiento hasta completar el presupuesto asignado (Shah & Tighe, 2011).

La Ecuación 2 presenta el cálculo de la Puntuación de Prioridad según la metodología desarrollada en Canadá. Los factores considerados son : CRI el cual evalúa el nivel de deterioro presente en el pavimento, AD es un indicador que nos señala los despegues anuales de la aeronave de diseño para una determinada pista, OC refleja la importancia estratégica del aeropuerto, FC corresponde a la clasificación de la sección según esta sea pista, calle de rodaje o plataforma, además subdivide cada una de estas en primarias secundarias y terciarias (Shah & Tighe, 2011).

$$PS_i = \left[\frac{w_1(100 - CRI_i)}{10} + w_2(AD_{ij}) + w_3(OC_{ik}) + \frac{w_4(FC_{il})}{2} \right] / W \quad (2)$$

Donde:

PS_i : Puntuación de Prioridad (Priority Score).

CRI_i : Índice de Calificación de Condición (Condition Rating Index).

AD_{ij} : Salidas Anuales (Annual Departures).

OC_{ik} : Consideración Operativa (Operational Consideration).

FC_{il} : Clasificación Funcional (Functional Classification).

w_1, w_2, w_3, w_4 : Ponderación correspondiente a cada factor.

W : Suma de las ponderaciones.

3 Objetivos Ajustados

En esta sección se muestra el objetivo general y los objetivos específicos de esta memoria.

3.1 Objetivo General

Proponer y aplicar una metodología de priorización para determinar cuáles pavimentos de la red primaria aeroportuaria nacional necesitan con mayor urgencia intervenciones de mantenimiento o rehabilitación, considerando dos escenarios de datos: red primaria completa, y aeródromo o aeropuerto específico.

3.2 Objetivos Específicos

OE1: Identificar y definir los criterios a considerar en la metodología de priorización.

OE2: Desarrollar metodología de priorización para los pavimentos de la red primaria aeroportuaria nacional, bajo dos escenarios de datos. Primer escenario, se utiliza la base completa de la red primaria aeroportuaria nacional. El segundo escenario, utiliza exclusivamente los datos del aeródromo o aeropuerto a priorizar.

OE3: Aplicar la metodología de priorización en el Aeródromo La Florida, tomando en consideración ambos escenarios de datos.

4 Metodología Ampliada

En la Tabla 1, Tabla 2 y Tabla 3 se presenta la metodología a seguir para el cumplimiento de los objetivos específicos 1, 2 y 3, respectivamente.

Tabla 1 Metodología para el Objetivo Específico Número 1.

Objetivos	Tareas	Métodos	Resultado o Hito
OE1: Identificar y definir los criterios a considerar en la metodología de priorización.	·Estudio de metodologías de priorización empleados en la actualidad.	· Revisión de literatura sobre criterios de priorización empleados en sistemas de gestión de pavimentos aeroportuarios.	·Criterios identificados y definidos que contemple aspectos técnicos, económicos y de seguridad aeronáutica, aceptado por ingenieros expertos.
	·Sostener reunión con expertos con entidades relacionadas (Dirección de Aeropuertos).		
	·Definir los criterios a implementar en la metodología de priorización.	· Recopilación de criterios encontrados en la literatura y los proporcionados por expertos.	
	·Realizar encuesta a expertos para determinar qué criterios considerar y su importancia dentro de la metodología de priorización.	· Encuestas para reunir recomendaciones sobre qué criterios deben ser considerados para la priorización.	
	·Validar los criterios de priorización.	· Presentación de los criterios seleccionados para su implementación en la metodología de priorización a los ingenieros expertos para su revisión, con las recomendaciones proporcionadas se ajustarán los criterios.	

Tabla 2 Metodología para el Objetivo Específico Número 2.

Objetivos	Tareas	Métodos	Resultado o Hito
OE2: Desarrollar metodología de priorización para los pavimentos de la red primaria aeroportuaria nacional, bajo dos escenarios de datos. Primer escenario, se utiliza la base completa de la red primaria aeroportuaria nacional. El segundo escenario, utiliza exclusivamente los datos del aeródromo o aeropuerto a priorizar.	·Definir de la estructura de la metodología de priorización.	· Diagrama de flujo desde la etapa de recolección de datos hasta la entrega del ranking priorizado de los pavimentos de la red primaria.	·Diagrama de flujo que represente la metodología de priorización.
	·Diseñar la matriz de priorización.	· Método analítico jerárquico (AHP).	·Matriz de priorización que integra todos los criterios identificados y sus respectivas ponderaciones.
	·Diseñar la base de datos.	· Recolección de datos de las secciones de los aeropuertos a analizar.	·Base de datos sistematizada para la actualización de los estados de los pavimentos aeroportuarios y despegues anuales.
	·Integrar la matriz de priorización para ser utilizada en el sistema de gestión de pavimentos aeroportuarios.	· Adaptar el código de la metodología de priorización a la plataforma computacional de la gestión de pavimentos aeroportuarios.	·Matriz de priorización se integra en el sistema de gestión de pavimentos aeroportuarios.
	·Crear un manual de uso para la metodología de priorización.	· Escritura del manual de usuario donde se explique detalladamente la metodología de priorización.	·Manual de usuario que explique la metodología de priorización.

Tabla 3 Metodología para el Objetivo Específico Número 3.

Objetivos	Tareas	Métodos	Resultado o Hito
OE3: Aplicar la metodología de priorización en el Aeródromo La Florida, tomando en consideración ambos escenarios de datos.	·Recolectar datos. ·Aplicar la metodología de priorización. ·Generar un informe de resultados.	·Recolectar los datos necesarios para llevar a cabo la aplicación de la metodología de priorización en el Aeródromo La Florida. ·Informe donde se detalle los resultados finales de la implementación de la metodología de priorización utilizando ambos escenarios de datos.	·Ranking de las secciones de pavimento que necesitan con urgencia una intervención en el Aeródromo La Florida y un informe que detalla los resultados de la implementación de la metodología de priorización utilizando ambos escenarios de datos.

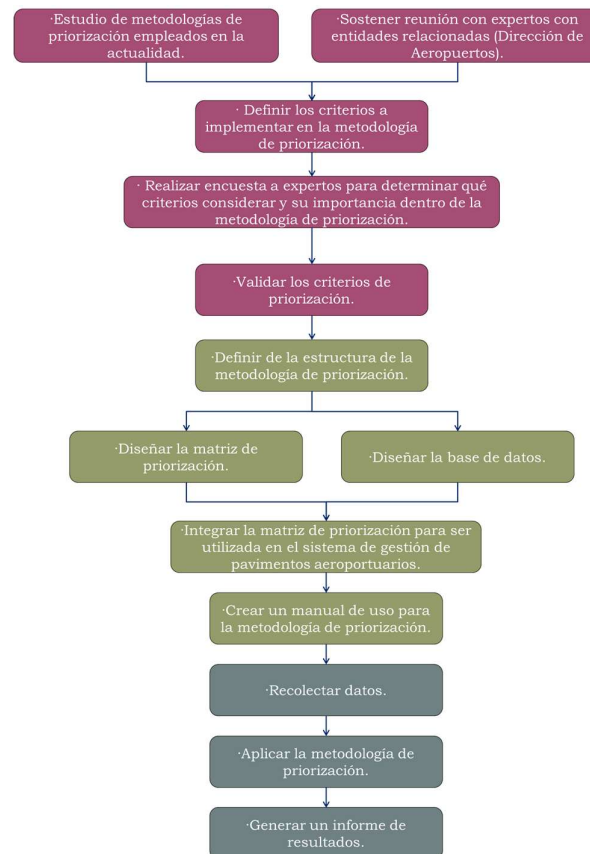


Figura 1 Diagrama de Flujo Tareas a Seguir para Cumplir con los Objetivos Específicos.

5 Planificación Ajustada

En la Tabla 4 se muestra la Carta Gantt de las actividades a realizar para cumplir con los objetivos.

Tabla 4 Carta Gantt 2025.

	Enero			Marzo			Abril			Mayo			Junio			Julio			Agosto			Septiembre			Octubre
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
OE1: Identificar y definir los criterios a considerar en la metodología de priorización.																									
A1.1: Revisión de literatura.																									
A1.2: Reunión con expertos.																									
A1.3: Desarrollo de un marco de criterios para la metodología de priorización.																									
A1.4: Validación del marco de criterios.																									
OE2: Desarrollar metodología de priorización para los pavimentos de la red primaria aeroportuaria nacional, bajo dos escenarios de datos. Primer escenario se utiliza la base completa de la red primaria aeroportuaria nacional. El segundo escenario, utiliza exclusivamente los datos del aeródromo o aeropuerto a priorizar.																									
A2.1: Definición de la estructura de la metodología de priorización.																									
A2.2: Diseño de la matriz de priorización.																									
A2.3: Diseño de base de datos.																									
A2.4: Compatibilizar la matriz de priorización para ser utilizada en el sistema de gestión de pavimentos aeroportuarios.																									
A2.5: Creación de un manual de uso para la metodología de priorización.																									
OE3: Aplicar la metodología de priorización en el Aeródromo La Florida, tomando en consideración ambos escenarios de datos.																									
A3.1: Recolección de datos.																									
A3.2: Aplicación de la metodología de priorización.																									
A3.3: Informe de resultados.																									
Actividades Generales																									
Escritura de Reportes TT2																									
Escritura Tesis																									

6 Metodología de Trabajo

6.1 Metodología del Proceso Analítico Jerárquico (AHP)

El Proceso Analítico Jerárquico (AHP) es una herramienta multicriterio que permite resolver problemas complejos de decisión mediante la estructuración jerárquica de objetivos, criterios y alternativas, y la emisión de juicios comparativos entre ellos (Merino & Bojórquez, 2021). Esta técnica, desarrollada por Thomas Saaty, es especialmente útil cuando se deben tomar decisiones en contextos con múltiples actores, incertidumbre o criterios de distinta naturaleza (Saaty, 1987).

Como se aprecia en la Figura 2, la aplicación de la metodología AHP comienza con la definición clara y específica del problema o meta, la cual debe expresarse de manera precisa, idealmente con un verbo que indique una acción concreta. A continuación, se construye una jerarquía que representa el problema: en la cúspide se ubica el objetivo a alcanzar, seguido de los criterios de decisión, y finalmente, en el nivel inferior, las alternativas que se desean priorizar (Merino & Bojórquez, 2021). Los elementos de cada nivel se relacionan entre sí y con el nivel inmediatamente superior, permitiendo una visión estructurada del problema (Merino & Bojórquez, 2021).

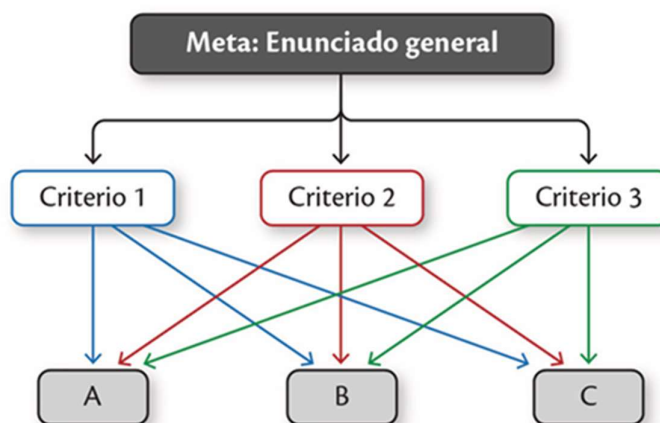


Figura 2 Estructura General de un Modelo AHP (Merino & Bojórquez, 2021).

Una vez definida la jerarquía, se realizan comparaciones pareadas entre los elementos de un mismo nivel respecto al elemento del nivel superior. Estas comparaciones se hacen dos a dos, lo cual facilita el juicio humano, permitiendo expresar la preferencia o importancia relativa entre los elementos mediante una escala propuesta por Saaty que va del 1 al 9, donde el 1 indica igualdad de importancia y el 9 una preferencia extrema de un elemento sobre otro (Merino & Bojórquez, 2021). La Tabla 5 presenta la escala de Saaty, que relaciona cada nivel de preferencia con su valor numérico.

Tabla 5 Escala de Saaty (ASA, 2017).

Nivel de Preferencia	Valor Numérico
Extremadamente preferido	9
Muy fuertemente a extremadamente preferido	8
Muy fuertemente preferido	7
Fuertemente a muy fuertemente preferido	6
Fuertemente preferido	5
Moderado a fuertemente preferido	4
Moderadamente preferido	3
Igual a moderadamente preferido	2
Igualmente preferido	1
Igual a moderadamente menos preferido	1/2
Moderadamente menos preferido	1/3
Moderado a fuertemente menos preferido	1/4
Fuertemente menos preferido	1/5
Fuerte a muy fuertemente menos preferido	1/6
Muy fuertemente menos preferido	1/7
Muy fuertemente a extremadamente menos preferido	1/8
Extremadamente menos preferido	1/9

La transformación a la escala de Saaty para la comparación pareada entre alternativas para cada criterio, se realiza mediante la Ecuación 3. Cuando en el criterio

j se prefieran valores grandes para asignarle una mayor importancia, se aplica la ecuación mostrada; si se prefiere valores pequeños, se utiliza la expresión análoga (ASA, 2017).

$$h_{xy}^{(j)} = 8 * \frac{B_x^{(j)} - B_y^{(j)}}{B_{max}^{(j)} - B_{min}^{(j)}} + 1 \quad (3)$$

Donde:

$h_{xy}^{(j)}$: Valor en la escala de Saaty que expresa la preferencia de la alternativa x respecto de la alternativa y en el criterio j.

$B_{max}^{(j)}$: Valor máximo del rango observado en el criterio j entre las alternativas evaluadas.

$B_{min}^{(j)}$: Valor mínimo del rango observado en el criterio j entre las alternativas evaluadas.

$B_x^{(j)}$: Valor de la alternativa x en el criterio j.

$B_y^{(j)}$: Valor de la alternativa y en el criterio j.

El resultado de estas comparaciones se organiza en matrices cuadradas, recíprocas y positivas. A partir de estas matrices, se calcula un vector de prioridad que representa el peso relativo de cada elemento dentro del grupo evaluado. Este cálculo puede realizarse mediante la normalización de las filas de la matriz o mediante el método del vector propio (Merino & Bojórquez, 2021).

Un aspecto fundamental del AHP es la evaluación de la consistencia de los juicios emitidos. Para ello, se calcula el Índice de Consistencia (CI) el Índice Aleatorio (IA) y la Razón de Consistencia (CR), siendo esta última la que determina si los juicios son aceptables. Un valor de CR menor o igual a 0,1 indica que las comparaciones son coherentes; en caso contrario, se recomienda revisar las valoraciones realizadas. Este procedimiento garantiza que el modelo no se basa en apreciaciones arbitrarias. La verificación de consistencia es uno de los mayores aportes del modelo, ya que refuerza la trazabilidad y coherencia de los resultados, permitiendo además una mejora iterativa de las matrices en caso de inconsistencias detectadas (Merino & Bojórquez, 2021).

Cuando el proceso incluye varios expertos, sus matrices individuales se agregan mediante la media geométrica, asegurando la preservación de la reciprocidad de los juicios. A partir de esta matriz grupal se continúa el proceso de ponderación y verificación de consistencia como si se tratara de una única evaluación. Este enfoque es especialmente relevante en contextos donde el conocimiento especializado se distribuye entre distintos actores, como es común en la gestión pública o planificación territorial (Mendoza et al., 2019).

Finalmente, se obtienen los pesos globales de las alternativas multiplicando los pesos locales de las alternativas por los pesos de los criterios respecto a la meta. Así se construye un vector de prioridad global que permite seleccionar la alternativa con el mayor valor como la opción preferida según los criterios definidos (Merino & Bojórquez, 2021).

7 Desarrollo de la investigación

7.1 Criterios a ser Aplicados en la Metodología

Se aplicó una encuesta a un grupo de nueve expertos de la DAP compuesto por el Jefe de División de la Dirección de Aeropuertos, el Jefe del Departamento de Construcción, la Jefa de la Unidad de Control de Obras, el Jefe de la Unidad de Conservación y Administración Directa, un Inspector, un Inspector Fiscal, un Analista del Departamento de Construcción, un Analista de Conservación y Administración Directa y un Ingeniero Civil perteneciente a la Unidad de Control de Obras.

La encuesta tuvo como objetivo validar la pertinencia de los criterios propuestos para la metodología de priorización. Para ellos, se solicitó a los expertos evaluar cada criterio mediante una escala binaria: asignando el valor 1 si recomendaba su inclusión y 0 si lo consideraba innecesario. Los resultados obtenidos respecto a los criterios que deberían ser considerados en la metodología de priorización se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6 Resultados de Encuesta: Aceptación de los Criterios.

Criterios	Experto N°1	Experto N°2	Experto N°3	Experto N°4	Experto N°5	Experto N°6	Experto N°7	Experto N°8	Experto N°9	Porcentaje de aprobación
Índice de condición de pavimentos (PCI).	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
Consideración Operacional.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
Factor de Reducción por Rama.	0	1	1	1	1	1	1	1	1	89%
Crecimiento proyectado del tráfico aéreo.	0	1	1	1	1	1	1	1	1	89%

Tabla 6 Resultados de Encuesta: Aceptación de los Criterios (continuación).

Criterios	Experto N°1	Experto N°2	Experto N°3	Experto N°4	Experto N°5	Experto N°6	Experto N°7	Experto N°8	Experto N°9	Porcentaje de aprobación
Factor de Reducción por Despegues.	0	0	1	1	1	1	1	1	1	78%
Factor de Sección Característica.	0	1	1	1	0	1	1	1	1	78%
Seguridad operativa.	0	0	1	1	1	1	1	1	1	78%
Edad del pavimento sin intervención.	1	1	1	0	1	1	1	0	1	78%
Tres proyectos por región.	0	0	1	0	1	0	0	0	0	22%

De los criterios propuestos en la encuesta, se consideran aprobados aquellos que hayan obtenido un porcentaje de aprobación superior al 50 %. A continuación, se presentan y describen los criterios que fueron validados por el grupo de expertos para su incorporación en la metodología de priorización.

7.1.1 Índice de Condición de Pavimentos (PCI).

El estado de una sección de pavimento se evalúa mediante un índice numérico de 0 a 100, que refleja su condición estructural y funcional. Este se determina en función del tipo, cantidad y severidad del deterioro presente en la sección característica evaluada, estos valores se obtendrán de los informes de auscultación de pavimentos pertenecientes a los aeropuertos de la red primaria nacional (DAP-DCO-UCA-MP-NA-PM-0, 2025). A mayor valor de PCI implica una menor prioridad y viceversa.

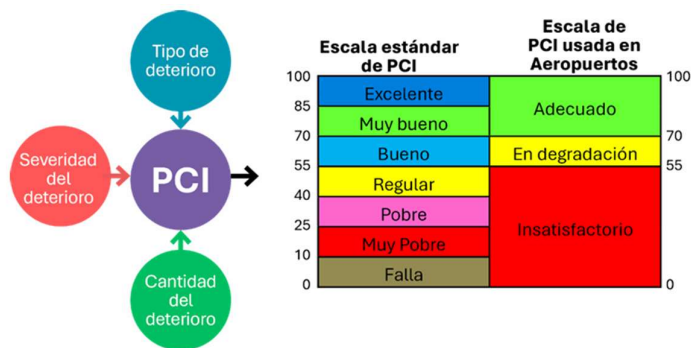


Figura 3 Escala PCI Estándar y para Aeropuertos (DAP-DCO-UCA-MP-NA-PM-0, 2025).

7.1.2 Consideración Operacional.

Este criterio refleja la importancia estratégica de un aeropuerto dentro del conjunto de la red primaria aeroportuaria. A mayor relevancia estratégica, mayor será el ponderador asignado en la priorización. La asignación de estos valores se basa en la importancia relativa que cada uno de los expertos participantes indicó en la encuesta. Los resultados obtenidos de la encuesta se presentan en la Tabla 7. Para reflejar con precisión la demanda operativa, las pistas de los aeropuertos Presidente Carlos Ibáñez del Campo y Arturo Merino Benítez fueron consideradas por separado del resto de la infraestructura aeroportuaria. El objetivo de esta segmentación es priorizar aquellas pistas que concentran el mayor número de operaciones.

Las opiniones de los expertos se incorporan a la base de datos y se convierten en matrices de comparación pareada conforme a la metodología AHP. Para cada experto se calcula el Vector Promedio de Criterios y su Razón de Consistencia (RC). Solo se aceptan juicios con $RC \leq 0,10$; en ese caso, el Vector Promedio de Criterios se integra al cálculo del Vector Promedio de Criterio Consensuado. Si la $RC > 0,10$, el juicio se excluye del cálculo.

Tabla 7 Consideración Operacional.

Aeropuerto/Aeródromo	Sigla	Experto N°1	Experto N°2	Experto N°3	Experto N°4	Experto N°5	Experto N°6	Experto N°7	Experto N°8	Experto N°9
Chacalluta	SCAR	7	6	9	8	5	6	6	7	9
Desierto de Atacama	SCAT	5	3	6	7	5	6	5	8	7
Balmaceda	SCBA	7	8	8	7	8	6	0	9	9
El Loa	SCCF	3	3	8	9	6	5	8	8	8
Presidente Carlos Ibáñez del Campo (07-25)	SCCI (07-25)	7	9	9	9	7	7	8	10	9
Presidente Carlos Ibáñez del Campo (12-30)	SCCI (12-30)	7	9	9	9	7	7	8	10	9
Presidente Carlos Ibáñez del Campo (01-19)	SCCI (01-19)	7	9	9	9	7	7	8	10	9
Pte. Carlos Ibáñez del Campo	SCCI	7	9	9	9	7	7	8	10	9
Diego Aracena	SCDA	9	6	9	9	5	7	7	9	8
Arturo Merino Benítez (17R-35L)	SCEL (17R-35L)	9	9	10	10	10	9	9	10	9
Arturo Merino Benítez (17L-35R)	SCEL (17L-35R)	9	9	10	10	10	9	9	10	9
Arturo Merino Benítez	SCEL	9	9	10	10	10	9	9	10	9
Andrés Sabella	SCFA	9	7	9	9	5	7	8	9	9
Carriel Sur	SCIE	9	9	9	8	8	8	7	9	9
Mataverí	SCIP	9	9	8	8	8	5	7	10	9
Cañal Bajo	SCJO	3	3	6	7	6	5	5	7	6
Mocopulli	SCPQ	3	3	6	7	5	5	5	9	6
La Araucanía	SCQP	5	3	7	8	5	5	6	7	9
La Florida	SCSE	5	4	7	7	5	6	6	8	9
El Tepual	SCTE	7	9	9	9	8	7	7	9	9
Pichoy	SCVD	5	9	6	7	6	7	6	7	7

7.1.3 Factor de Reducción por Rama.

Este factor de reducción se fundamenta en el supuesto de que cada rama del área de movimiento posee un nivel de importancia distinto para el funcionamiento seguro y óptimo del aeropuerto, por esta razón los requerimientos de conservación presentarán distintos niveles de urgencia según la rama evaluada. Se han definido empíricamente distintos factores de reducción, los cuales se muestran en la Tabla 8, en función de la condición operativa de cada rama y de la infraestructura disponible en cada aeropuerto. (DAP-DCO-UCA-MP-NA-PM-0, 2025).

Tabla 8 Factor de Reducción por Rama (DAP-DCO-UCA-MP-NA-PM-0, 2025).

Rama	Condición	FRr
Pista	Tiene pista alternativa	0.97
	Tiene rodaje paralelo con aptitud de pista	0.95
	No existe ni pista ni rodaje como alternativa	0.85
Rodaje Paralelo	No tiene aptitud de pista	0.95
	Tiene aptitud de pista	0.90
Otros Rodajes	No tiene ruta alternativa	0.80
	Tiene ruta alternativa	0.95
	No es rodaje comercial	0.98
Plataformas	No es plataforma comercial	0.99
	Plataforma tiene más de 3 puestos	0.95
	Plataforma tiene menos de 3 puestos	0.80
Margen y Zona de protección a Chorro	Margen y Zona de protección a Chorro	1.00

7.1.4 Crecimiento Proyectado del Tráfico Aéreo.

Este criterio se basa en el análisis de las proyecciones de crecimiento del tráfico aéreo en cada aeródromo o aeropuerto. Considerar esta variable permite identificar aquellos aeropuertos que, debido a un aumento acelerado en el número de pasajeros y operaciones, requerirán mayores inversiones en infraestructura para asegurar su capacidad operativa y mantener niveles adecuados de servicio. En la Tabla 9 se presenta las pendientes del crecimiento proyectado del tráfico aéreo para los aeródromos y aeropuertos de la red primaria nacional, este indicador representa la tasa de aumento anual estimada en base al número de operaciones.

Tabla 9 Crecimiento Proyectado del Tráfico Aéreo por Aeropuerto/Aeródromo.

Aeropuerto/Aeródromo	Sigla	Crecimiento proyectado del tráfico aéreo
Chacalluta	SCAR	1785
Desierto de Atacama	SCAT	1179
Balmaceda	SCBA	495
El Loa	SCCF	4228
Presidente Carlos Ibáñez del Campo (07-25)	SCCI (07-25)	2932
Presidente Carlos Ibáñez del Campo (12-30)	SCCI (12-30)	217
Presidente Carlos Ibáñez del Campo (01-19)	SCCI (01-19)	4
Pte. Carlos Ibáñez del Campo	SCCI	3154
Diego Aracena	SCDA	4715
Arturo Merino Benítez (17R-35L)	SCCL (17R-35L)	2932

Tabla 9 Crecimiento Proyectado del Tráfico Aéreo por Aeropuerto/Aeródromo (continuación).

Aeropuerto/Aeródromo	Sigla	Crecimiento proyectado del tráfico aéreo
Arturo Merino Benítez (17L-35R)	SCEL (17L-35R)	2932
Arturo Merino Benítez	SCEL	5865
Andrés Sabella	SCFA	2645
Carriel Sur	SCIE	3840
Mataverí	SCIP	316
Cañal Bajo	SCJO	516
Mocopulli	SCPQ	236
La Araucanía	SCQP	1374
La Florida	SCSE	2453
El Tepual	SCTE	2132
Pichoy	SCVD	718
Teniente Julio Gallardo	SCNT	215

7.1.5 Factor de Reducción por Despegues.

Este criterio utiliza el promedio de operaciones de los últimos cinco años en los aeropuertos de la red primaria, calculando el porcentaje que representa cada aeropuerto respecto del total de operaciones de la red. Para este criterio una mayor cantidad de operaciones implica una mayor prioridad, se asigna a estos aeropuertos un factor de reducción más bajo (DAP-DCO-UCA-MP-NA-PM-0, 2025).

Sin embargo, este criterio presenta una limitación, debido a la fuerte asimetría generada por la alta concentración de operaciones en el Aeropuerto Arturo Merino Benítez, lo que podría distorsionar los resultados al priorizar de forma constante a este aeropuerto solo por volumen de operaciones. Para corregir esta situación, se aplica la función logarítmica natural al valor promedio de operaciones para cada aeropuerto, posteriormente se procede a determinar el porcentaje de operaciones de cada aeropuerto respecto del total de operaciones de la red primaria, el porcentaje obtenido se deberá comparar con el rango mostrado en la Tabla 10 para asignar el valor del Factor de reducción por despegues (DAP-DCO-UCA-MP-NA-PM-0, 2025).

Tabla 10 Factor de Reducción por Despegues según su Porcentaje de Operaciones (DAP-DCO-UCA-MP-NA-PM-0, 2025).

% Operaciones	FROp
Nº < 4.4%	1.00
4.4% - 4.5%	0.99
4.6% - 4.7%	0.98
4.8% - 4.9%	0.97
5.0% - 5.1%	0.96
5.2% - 5.3%	0.95
5.4% - 5.5%	0.94
5.6% - 5.7%	0.93

Tabla 10 Factor de Reducción por Despegues según su Porcentaje de Operaciones (DAP-DCO-UCA-MP-NA-PM-0, 2025) (continuación).

% Operaciones	FROp
5.8% - 5.9%	0.92
6.0% - 6.1%	0.91
6.2% - 6.3%	0.90
6.4% - 6.5%	0.89
6.6% - 6.7%	0.88
6.8% - 6.9%	0.87
7.0% - 7.1%	0.86
7.2% - 7.3%	0.85
7.4% - 7.5%	0.84
7.6% - 7.7%	0.83
7.8% - 7.9%	0.82
8.0% - 8.1%	0.81
8.2% - 8.3%	0.80
8.4% - 8.5%	0.79
8.6% - 8.7%	0.78
8.8% - 8.9%	0.77
9.0% - 9.1%	0.76
9.2% - 9.3%	0.75
9.4% - 9.5%	0.74
9.6% - 9.7%	0.73
9.8% - 9.9%	0.72
10.0% - 20.0%	0.70
30.0% - 40.0%	0.75
50.0% - 60.0%	0.60
70.0% - 80.0%	0.65

7.1.6 Factor de Sección Característica.

De manera análoga al caso anterior, este factor de reducción se basa en el supuesto de que cada Sección Característica dentro de una rama presenta un nivel de importancia distinto para el funcionamiento seguro y óptimo del aeropuerto. Por lo tanto, los requerimientos de conservación tendrán diferentes niveles de urgencia según la sección característica que se evalúe. Se han definido empíricamente diversos factores de reducción, los cuales se presentan en la Tabla 11, en función de la ubicación de cada Sección Característica (DAP-DCO-UCA-MP-NA-PM-0, 2025).

Tabla 11 Criterio: Factor de Reducción Sección Característica (DAP-DCO-UCA-MP-NA-PM-0, 2025).

Rama	Sección Característica	FRsc
Pista	Sector central de pista	0.90
	Sectores de borde de pista	0.93
	Umbrales	0.95
Margen y Zona Protección a Chorro	Margen	1.00
	Zona Protección a Chorro	1.00
Comentario anterior.Rodaje Paralelo	Centro	0.90
	Márgenes	1.00
Otros Rodajes	Centro	0.90
	Márgenes	1.00
	General	0.99
Plataformas	Sector de puente de embarque	0.90
	Sector sin puente de embarque	0.93
	Calles aeronáuticas	0.98
	General	0.99

7.1.7 Seguridad Operativa.

Este criterio considera indicadores relacionados con la seguridad operacional, como el historial de accidentes o incidentes registrados en cada aeropuerto. Incorporar este tipo de información permite identificar infraestructuras o procedimientos que requieren mejoras, otorgando prioridad a aquellos aeropuertos con mayores necesidades en materia de seguridad.

Se examinó la distribución regional de los eventos relacionados a la seguridad, considerando exclusivamente los registros de accidentes, incidentes graves e incidentes ocurridos durante el período de 2018-2022 registrando 168 sucesos en total, estos sucesos se aprecian en el Grafico 1 (DGAC, 2023).

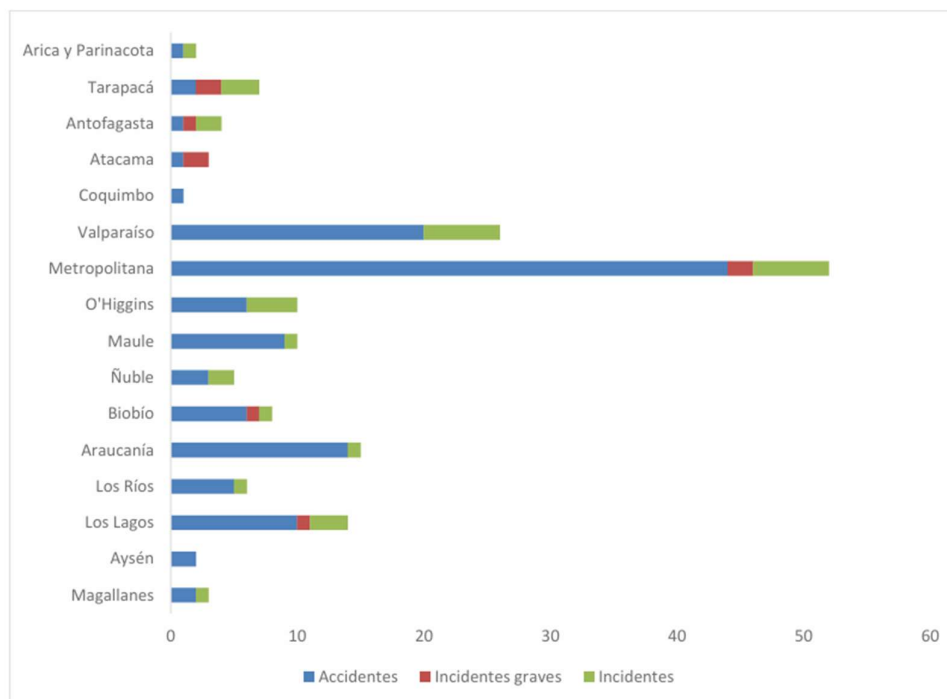


Gráfico 1 Distribución de Accidentes, Incidentes Graves e Incidentes 2018-2022 por Región (DGAC, 2023).

Los resultados asociados a los incidentes se vinculan directamente con la ubicación geográfica de cada aeropuerto. Estos resultados se presentan en la Tabla 12.

Tabla 12 Porcentaje de Incidentes por Aeropuerto/Aeródromo.

Aeropuerto/Aeródromo	Sigla	Región	Incidentes 2018-2022
Chacalluta	SCAR	Arica y Parinacota	2
Desierto de Atacama	SCAT	Atacama	3
Balamaceda	SCBA	Aysén	2
El Loa	SCCF	Antofagasta	4
Presidente Carlos Ibañez del Campo (07-25)	SCCI (07-25)	Magallanes	3
Presidente Carlos Ibañez del Campo (12-30)	SCCI (12-30)	Magallanes	3
Presidente Carlos Ibañez del Campo (01-19)	SCCI (01-19)	Magallanes	3
Pte. Carlos Ibañez del Campo	SCCI	Magallanes	3

Tabla 12 Porcentaje de Incidentes por Aeropuerto/Aeródromo (continuación).

Aeropuerto/Aeródromo	Sigla	Región	Incidentes 2018-2022
Diego Aracena	SCDA	Tarapacá	7
Arturo Merino Benitez (17R-35L)	SCEL (17R-35L)	Metropolitana	52
Arturo Merino Benitez (17L-35R)	SCEL (17L-35R)	Metropolitana	52
Arturo Merino Benitez	SCEL	Metropolitana	52
Andrés Sabella	SCFA	Antofagasta	4
Carriel Sur	SCIE	Biobío	8
Mataverí	SCIP	Valparaíso	26
Cañal Bajo	SCJO	Los Lagos	14
Mocopulli	SCPQ	Los Lagos	14
La Araucanía	SCQP	Araucanía	15
La Florida	SCSE	Coquimbo	1
El Tepual	SCTE	Los Lagos	14
Pichoy	SCVD	Los Ríos	6
Teniente Julio Gallardo	SCNT	Magallanes	3

7.1.8 Edad del Pavimento Sin Intervención.

Este criterio evalúa el tiempo transcurrido desde la construcción o el último mantenimiento de cada sección de pavimento pertenecientes a la red primaria aeroportuaria. Para su cálculo, se registra el año de la última intervención en la sección. A mayor tiempo transcurrido, mayor será la prioridad asignada.

7.2 Metodología de Priorización

La metodología de priorización se basa en la aplicación del Proceso Analítico Jerárquico (AHP), comenzando con la recopilación de los datos de entrada desde una base de datos estructurada. Estos datos incluyen información relevante como el aeropuerto o aeródromo, la sección característica, el tipo de pavimento, el año de construcción, el año de muestreo, el índice de condición del pavimento (PCI), y factores de reducción de despegue, rama y sección característica, entre otras variables.

También se debe ingresar la importancia relativa de los criterios, los cuales se comparan entre sí a través de una matriz de comparación de criterios. Esta matriz es evaluada mediante una validación que verifica la coherencia lógica de los juicios emitidos. En caso de que la matriz no cumpla con los criterios de consistencia, se deben revisar los valores asignados a la importancia de los criterios emitidos por los expertos. Como estos valores variarán según la opinión de los expertos, las matrices que no cumplan con los umbrales de consistencia serán descartadas para el cálculo de la matriz de criterios definitiva, garantizando así la solidez en los resultados de la priorización.

Una vez validada esta matriz, se desarrolla la matriz de comparación de alternativas para cada criterio. Cada alternativa (por ejemplo, una sección de pavimento específica) se compara en pares con las demás con respecto a cada criterio. Al igual que en el paso anterior, se valida la consistencia de estas matrices. Si alguna de ellas no cumple, se requiere una revisión de los datos de entrada para asegurar su calidad y confiabilidad.

Cuando tanto la matriz de criterios como las de alternativas cumplen con los requisitos de consistencia, se procede a normalizar las matrices con el fin de obtener los pesos relativos que permitan construir el vector de prioridad final. Este vector representa el resultado de la priorización y permite identificar qué alternativas requieren mayor urgencia de intervención. La Figura 4 presenta el diagrama de flujo de la metodología de priorización.

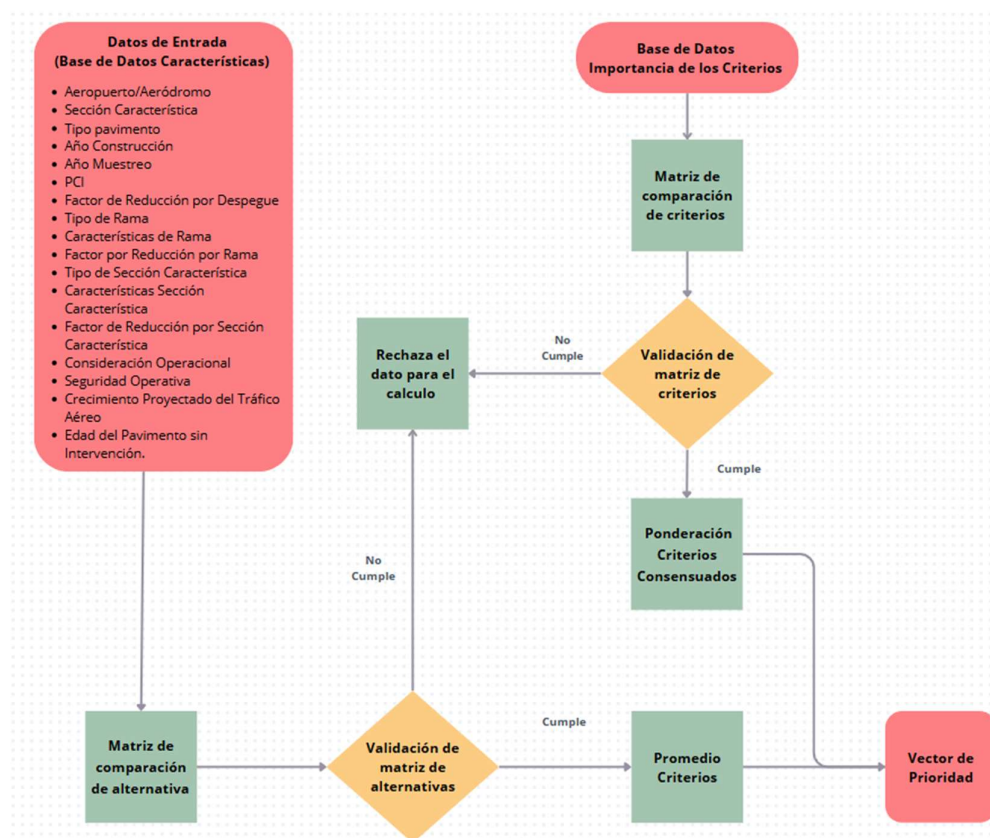


Figura 4 Diagrama de flujo metodología de priorización.

7.3 Procedimiento a Seguir para Utilizar la Matriz de Priorización

El primer paso para la implementación de la metodología consiste en la recolección de información relacionada con las características de las secciones de los aeropuertos, tal como se ilustra en la Figura 4. En dicha figura se observa que deben ingresarse diversos datos, tales como: Aeropuerto/Aeródromo, Sección Característica, Tipo de Pavimento, Año de Construcción, Año de Muestreo, Índice de Condición del Pavimento (PCI), Factor de Reducción por Despegue, Tipo y Características de la Rama, Factor de Reducción por Rama, Tipo y Características de la Sección Característica, Factor de Reducción por Sección Característica, Consideración Operacional según expertos, Seguridad Operativa, Crecimiento Proyectado del Tráfico Aéreo y Edad del Pavimento sin Intervención. Esta información es fundamental para realizar las comparaciones pareadas entre las alternativas en función de cada criterio evaluado en la metodología, y así obtener el vector promedio de criterios.

A continuación, se muestra la base de datos de alternativas con 33 columnas desde la letra A hasta la AA, en las Tabla 13, Tabla 14, Tabla 15 y Tabla 16 la estructura de recolección de datos correspondiente a las pistas centrales de los aeropuertos que conforman la red primaria.

**Tabla 13 Estructura de Base de Datos para las Secciones de los Aeropuertos o Aeródromos
(Columnas A-G).**

Aeropuerto/Aeródromo	Sección Característica	Tipo pavimento	Año Construcción	Año Muestreo	PCI	Factor de Reducción por Despegue
La Florida	PI-1	Asfalto	2013	2024	96	0.94
Andrés Sabella	PI-1	Mixto	2020	2021	85	0.92
Chacalluta	PI-1	Asfalto	2016	2021	87	0.96
Diego Aracena	PI-1	Asfalto	2018	2021	98	0.91
El Loa	PI-1	Asfalto	2015	2021	97	0.93
Desierto de Atacama	PI-1	Asfalto	2004	2021	85	0.96
Pichoy	PI-1	Asfalto	2009	2021	91	0.99
El Tepual	PI-1	Hormigón	1979	2021	81	0.92
Cañal Bajo	PI-1	Asfalto	2001	2021	100	1.00
Mocopulli	PI-1	Asfalto	2012	2021	87	1.00
La Araucanía	PI-1	Asfalto	2014	2021	91	0.95
Balmaceda	PI-1	Asfalto	2019	2021	100	0.97
Mataverí	PI-1	Asfalto	2023	2023	100	1.00
Carriel Sur	PI-1	Asfalto	2022	2022	100	0.94
Presidente Carlos Ibáñez del Campo (07-25)	PI-1	Asfalto	2005	2021	92	0.94
Arturo Merino Benítez (17L-35R)	PIE-1	Asfalto	2006	2022	93	0.87

**Tabla 14 Estructura de Base de Datos para las Secciones de los Aeropuertos o Aeródromos
(Columnas H-M).**

Tipo de Rama	Características de Rama	Factor por Reducción por Rama	Tipo de Sección Característica	Características Sección Característica	Factor de Reducción por Sección Característica
Pista	No existe ni pista ni rodaje como alternativa	0.85	Pista	Sector pista central de	0.90
Pista	Tiene rodaje paralelo con aptitud de pista	0.95	Pista	Sector pista central de	0.90
Pista	Tiene rodaje paralelo con aptitud de pista	0.95	Pista	Sector pista central de	0.90
Pista	Tiene rodaje paralelo con aptitud de pista	0.95	Pista	Sector pista central de	0.90
Pista	Tiene rodaje paralelo con aptitud de pista	0.95	Pista	Sector pista central de	0.90
Pista	No existe ni pista ni rodaje como alternativa	0.85	Pista	Sector pista central de	0.90
Pista	No existe ni pista ni rodaje como alternativa	0.85	Pista	Sector pista central de	0.90
Pista	No existe ni pista ni rodaje como alternativa	0.85	Pista	Sector pista central de	0.90
Pista	No existe ni pista ni rodaje como alternativa	0.85	Pista	Sector pista central de	0.90

Tabla 14 Estructura de Base de Datos para las Secciones de los Aeropuertos o Aeródromos (columnas H-M) (Continuación).

Tipo de Rama	Características de Rama	Factor por Reducción por Rama	Tipo de Sección Característica	Características Sección Característica	Factor de Reducción por Sección Característica
Pista_FRr	No existe ni pista ni rodaje como alternativa	0.85	Pista_FRsc	Sector pista central de pista	0.90
Pista_FRr	No existe ni pista ni rodaje como alternativa	0.85	Pista_FRsc	Sector pista central de pista	0.90
Pista_FRr	Tiene rodaje paralelo con aptitud de pista	0.95	Pista_FRsc	Sector pista central de pista	0.90
Pista_FRr	No existe ni pista ni rodaje como alternativa	0.85	Pista_FRsc	Sector pista central de pista	0.90
Pista_FRr	Tiene rodaje paralelo con aptitud de pista	0.95	Pista_FRsc	Sector pista central de pista	0.90
Pista_FRr	Tiene pista alternativa	0.97	Pista_FRsc	Sector pista central de pista	0.90
Pista_FRr	Tiene pista alternativa	0.97	Pista_FRsc	Sector pista central de pista	0.90

Tabla 15 Estructura de Base de Datos para las Secciones de los Aeropuertos o Aeródromos (Columnas N-V).

Criterio: Consideración Operacional Experto 1	Criterio: Consideración Operacional Experto 2	Criterio: Consideración Operacional Experto 3	Criterio: Consideración Operacional Experto 4	Criterio: Consideración Operacional Experto 5	Criterio: Consideración Operacional Experto 6	Criterio: Consideración Operacional Experto 7	Criterio: Consideración Operacional Experto 8	Criterio: Consideración Operacional Experto 9
5	4	7	7	5	6	6	8	9
9	7	9	9	5	7	8	9	9
7	6	9	8	5	6	6	7	9
9	6	9	9	5	7	7	9	8
3	3	8	9	6	5	8	8	8
5	3	6	7	5	6	5	8	7
5	9	6	7	6	7	6	7	7
7	9	9	9	8	7	7	9	9
3	3	6	7	6	5	5	7	6
3	3	6	7	5	5	5	9	6
5	3	7	8	5	5	6	7	9
7	8	8	7	8	6	0	9	9
9	9	8	8	8	5	7	10	9
9	9	9	8	8	8	7	9	9
7	9	9	9	7	7	8	10	9
9	9	10	10	10	9	9	10	9

**Tabla 16 Estructura de Base de Datos para las Secciones de los Aeropuertos o Aeródromos
(Columnas W-AA).**

Criterio: Seguridad operativa	Criterio: Crecimiento proyectado del tráfico aéreo	Año Última mantención	Año Actual	Criterio: Edad del pavimento sin intervención
1	2453	2023	2025	2
4	2645	2020	2025	5
2	1785	2016	2025	9
7	4715	2018	2025	7
4	4228	2015	2025	10
3	1179	2004	2025	21
6	718	2009	2025	16
14	2132	1979	2025	46
14	515	2001	2025	24
14	236	2012	2025	13
15	1374	2014	2025	11
2	494	2019	2025	6
26	316	2023	2025	2
8	3840	2022	2025	3
3	2932	2005	2025	20
52	2932	2006	2025	19

La segunda matriz de recolección de datos está relacionada con la importancia relativa que cada experto asigna a los criterios incluidos en la metodología. El número de expertos puede variar desde uno hasta un grupo amplio, siendo necesario que dicho número sea adecuado para garantizar resultados robustos y representativos de las necesidades del análisis, especialmente en caso de no existir un consenso previo.

El programa está diseñado para evaluar cada juicio emitido por los expertos y determinar su viabilidad, mediante el cálculo de la razón de consistencia. Si el valor de esta razón es igual o inferior a 0,1, la valoración del experto será considerada en el cálculo del vector de ponderación de criterios consensuado. Por el contrario, si la razón de consistencia supera el umbral de 0,1, la valoración será descartada para asegurar la coherencia y confiabilidad del modelo. La Tabla 17 presenta la importancia relativa que cada experto asignó a los criterios de priorización, de acuerdo con su juicio profesional, donde 7 indica una alta importancia y 1 una mínima importancia.

Tabla 17 Importancia de los Criterios Según Expertos.

Criterios	Experto N°1	Experto N°2	Experto N°3	Experto N°4	Experto N°5	Experto N°6	Experto N°7	Experto N°8	Experto N°9
Índice de condición de pavimentos (PCI).	7	7	7	7	7	7	7	6	7
Factor de Reducción por Despegues.	1	2	6	4	6	5	4	7	4
Factor de Reducción por Rama.	1	7	7	6	3	5	3	6	7
Factor de Sección Característica.	1	4	7	5	1	4	7	6	7
Consideración Operacional.	7	5	6	3	6	6	5	6	5
Seguridad operativa.	1	2	7	5	4	4	5	5	5
Crecimiento proyectado del tráfico aéreo.	3	5	7	4	5	5	7	7	6
Edad del pavimento sin intervención.	7	3	5	2	6	5	7	1	4

Con la información recopilada, el programa dispone de todos los datos necesarios para determinar el ranking de las secciones de pavimento que requieren con mayor urgencia intervenciones de mantenimiento o rehabilitación. Este ranking se encuentra ordenado de mayor a menor prioridad, donde las secciones ubicadas en los primeros lugares representan aquellas con mayor necesidad de intervención, mientras que las secciones en los últimos lugares corresponden a aquellas con condiciones más estables y, por tanto, menor urgencia de intervención.

7.3.1 Código para Obtener la Matriz de Priorización.

Para ejecutar los cálculos de la metodología del Modelo Analítico Jerárquico (AHP), se desarrolló un código en Matlab para automatizar el proceso, en función de los datos de entrada proporcionados a través de una planilla de Excel para ambos escenarios de datos: en el caso de realizar un análisis de la red primaria completa el código se encuentra disponible en el Anexo A, y para el segundo escenario de realizar el análisis para un solo aeropuerto o aeródromo el código se encontrará en el Anexo B.

8 Aplicación de la Metodología de Priorización

8.1 Aplicación al Aeródromo La Florida

En esta sección se aplica la metodología de priorización enfocada en el Aeródromo La Florida bajo dos escenarios. Primero, el escenario a nivel de red, que considera toda la red primaria aeroportuaria. Segundo, el escenario local, que considera solo las secciones del Aeródromo La Florida. Para ello, se recopiló la información necesaria para el funcionamiento del programa. La base de datos de características de las secciones de pavimento se construyó a partir de informes de estado de conservación de los pavimentos, así como de estimaciones del tránsito anual del aeropuerto y su crecimiento proyectado. Las matrices de datos recopiladas para el Aeródromo La Florida se presentan en las Tablas 18, Tabla 19, Tabla 20 y Tabla 21; estos datos se emplean en el segundo escenario. Para el primer escenario, se consideraron las secciones características de todos los aeropuertos y aeródromos que componen la red primaria aeroportuaria nacional.

Tabla 18 Base de Datos Aeródromo La Florida (Columnas A-G).

Aeropuerto/Aeródromo	Sección Característica	Tipo de pavimento	Año Construcción	Año Muestreo	PCI	Factor de Reducción por Despegue
La Florida	PI-1	Asfalto	2013	2024	96	0.94
La Florida	PI-2	Asfalto	1991	2024	80	0.94
La Florida	UP12-1	Asfalto	1991	2024	82	0.94
La Florida	UP12-2	Asfalto	2013	2024	89	0.94
La Florida	UO30-1	Asfalto	1991	2024	81	0.94
La Florida	UO30-2	Asfalto	2013	2024	83	0.94
La Florida	ZPCH-12	Asfalto	1991	2024	84	0.94
La Florida	ZPCH-30	Asfalto	1991	2024	83	0.94
La Florida	RA-1	Asfalto	2020	2024	100	0.94
La Florida	RA-2	Asfalto	2022	2024	100	0.94
La Florida	RB-1	Asfalto	2020	2024	99	0.94
La Florida	MG-B	Asfalto	2022	2024	99	0.94
La Florida	RC-1	Asfalto	1991	2024	100	0.94
La Florida	MG-C	Asfalto	2022	2024	99	0.94
La Florida	RD	Asfalto	2020	2024	100	0.94
La Florida	R-CAR	Asfalto	2014	2024	99	0.94
La Florida	CSSEI	Asfalto	2014	2024	97	0.94
La Florida	PL-B	Asfalto	2020	2024	100	0.94
La Florida	PL-E	Hormigón	2020	2024	89	0.94
La Florida	PL-I	Asfalto	2021	2024	100	0.94
La Florida	PL-J	Hormigón	2021	2024	88	0.94
La Florida	MPL-1	Asfalto	2021	2024	100	0.94
La Florida	MPL-2	Asfalto	2022	2024	100	0.94
La Florida	PL-F	Asfalto	2022	2024	100	0.94
La Florida	PL-CAR	Asfalto	2022	2024	92	0.94
La Florida	PL-HELI	Asfalto	2022	2024	98	0.94
La Florida	PL-CLA	Asfalto	2022	2024	99	0.94
La Florida	PL-SSEI	Asfalto	2022	2024	100	0.94

Tabla 19 Base de Datos Aeródromo La Florida (Columnas H-M).

Tipo de Rama	Características de Rama	Factor por Reducción por Rama	Tipo de Sección	Característica	Características Sección Característica	Factor de Reducción por Sección Característica
Pista_FRr	No existe ni pista ni rodaje como alternativa	0.85	Pista_FRsc	Sector central de pista		0.90
Pista_FRr	No existe ni pista ni rodaje como alternativa	0.85	Pista_FRsc	Sectores de borde de pista		0.93
Pista_FRr	No existe ni pista ni rodaje como alternativa	0.85	Pista_FRsc	Umbrales		0.95
Pista_FRr	No existe ni pista ni rodaje como alternativa	0.85	Pista_FRsc	Umbrales		0.95
Pista_FRr	No existe ni pista ni rodaje como alternativa	0.85	Pista_FRsc	Umbrales		0.95
Pista_FRr	No existe ni pista ni rodaje como alternativa	0.85	Pista_FRsc	Umbrales		0.95
Margen_y_Zona_de_Protección_a_Chorro_FRr	Margen y Zona de protección a Chorro	1.00	Margen_y_Zona_Protección_a_Chorro_FRsc	Zona Protección a Chorro		1.00
Margen_y_Zona_de_Protección_a_Chorro_FRr	Margen y Zona de protección a Chorro	1.00	Margen_y_Zona_Protección_a_Chorro_FRsc	Zona Protección a Chorro		1.00
Otos_Rodajes_FRr	Tiene ruta alternativa	0.95	Otros_Rodajes_FRsc	General		0.99
Otos_Rodajes_FRr	Tiene ruta alternativa	0.95	Otros_Rodajes_FRsc	General		0.99
Otos_Rodajes_FRr	Tiene ruta alternativa	0.95	Otros_Rodajes_FRsc	Centro		0.90
Otos_Rodajes_FRr	Tiene ruta alternativa	0.95	Otros_Rodajes_FRsc	Márgenes		1.00
Otos_Rodajes_FRr	Tiene ruta alternativa	0.95	Otros_Rodajes_FRsc	Centro		0.90
Otos_Rodajes_FRr	Tiene ruta alternativa	0.95	Otros_Rodajes_FRsc	Márgenes		1.00
Otos_Rodajes_FRr	Tiene ruta alternativa	0.95	Otros_Rodajes_FRsc	General		0.99
Otos_Rodajes_FRr	No tiene ruta alternativa	0.80	Otros_Rodajes_FRsc	General		0.99
Otos_Rodajes_FRr	No tiene ruta alternativa	0.80	Otros_Rodajes_FRsc	General		0.99
Plataformas_FRr	Plataforma tiene más de 3 puestos	0.95	Plataformas_FRsc	Sector sin puente de embarque		0.93
Plataformas_FRr	Plataforma tiene más de 3 puestos	0.95	Plataformas_FRsc	Sector sin puente de embarque		0.93
Plataformas_FRr	Plataforma tiene más de 3 puestos	0.95	Plataformas_FRsc	Sector sin puente de embarque		0.93
Plataformas_FRr	Plataforma tiene más de 3 puestos	0.95	Plataformas_FRsc	Sector sin puente de embarque		0.93
Margen_y_Zona_de_Protección_a_Chorro_FRr	Margen y Zona de protección a Chorro	1.00	Margen_y_Zona_Protección_a_Chorro_FRsc	Margen		1.00
Margen_y_Zona_de_Protección_a_Chorro_FRr	Margen y Zona de protección a Chorro	1.00	Margen_y_Zona_Protección_a_Chorro_FRsc	Margen		1.00
Plataformas_FRr	Plataforma tiene más de 3 puestos	0.95	Plataformas_FRsc	General		0.99
Plataformas_FRr	No es plataforma comercial	0.99	Plataformas_FRsc	General		0.99
Plataformas_FRr	No es plataforma comercial	0.99	Plataformas_FRsc	General		0.99
Plataformas_FRr	No es plataforma comercial	0.99	Plataformas_FRsc	General		0.99
Plataformas_FRr	No es plataforma comercial	0.99	Plataformas_FRsc	General		0.99

Tabla 20 Base de Datos Aeródromo La Florida (Columnas N-V).

[illegible]

Tabla 21 Base de Datos Aeródromo La Florida (Columnas W-AA).

Criterio: Seguridad operativa	Criterio: Crecimiento proyectado del tráfico aéreo	Año Última mantención	Año Actual	Criterio: Edad del pavimento sin intervención.
1	2453	2023	2025	2
1	2453	2019	2025	6
1	2453	2023	2025	2
1	2453	2023	2025	2
1	2453	2023	2025	2
1	2453	2023	2025	2
1	2453	2014	2025	11
1	2453	2014	2025	11
1	2453	2023	2025	2
1	2453	2023	2025	2
1	2453	2020	2025	5
1	2453	2021	2025	4
1	2453	2019	2025	6
1	2453	2021	2025	4
1	2453	2020	2025	5
1	2453	2014	2025	11
1	2453	2014	2025	11
1	2453	2020	2025	5
1	2453	2020	2025	5
1	2453	2021	2025	4
1	2453	2021	2025	4
1	2453	2021	2025	4
1	2453	2021	2025	4
1	2453	2022	2025	3
1	2453	2023	2025	2
1	2453	2022	2025	3
1	2453	2023	2025	2
1	2453	2022	2025	3

Por otro lado, la matriz de ponderación de criterios se elaboró a partir de una encuesta aplicada a un grupo de nueve expertos cuyos valores se ven en la Tabla 17. Al aplicar la metodología de priorización, se obtuvo el vector de ponderación consensuado de los criterios, el cual refleja la importancia relativa de cada uno en el proceso de priorización, según la opinión de los expertos consultados.

Para el primer escenario (nivel red) se utilizaron los 8 criterios aceptados por el grupo de expertos, obteniendo el vector de ponderación de criterios expuesto en la Tabla 22. Para el segundo escenario solo se toman en consideración los criterios de Índice de Condición de Pavimentos, Factor de Reducción por Rama, Factor de Sección Característica y Edad del Pavimento Sin Intervención, los demás criterios se excluyeron porque tienen el mismo valor en todas las alternativas, lo que indetermina el cálculo de los componentes de la matriz de comparación pareada debido a que comparten el mismo valor máximo y mínimo; para estos cálculos se utiliza la Ecuación 3. El vector de ponderación de criterios para el segundo escenario se aprecia en la Tabla 23.

**Tabla 22 Vector de Ponderación de Criterios Consensuada, Escenario Totalidad de la Red
Primaria Aeroportuaria.**

Criterio	Peso
Índice de condición de pavimentos (PCI).	32%
Crecimiento proyectado del tráfico aéreo.	15%
Consideración Operacional.	12%
Factor de Reducción por Rama.	12%
Factor de Sección Característica.	10%
Edad del pavimento sin intervención.	7%
Seguridad operativa.	7%
Factor de Reducción por Despegues.	6%

**Tabla 23 Vector de Ponderación de Criterios Consensuada, Escenario Aeródromo o Aeropuerto
en Específico.**

Criterios	Peso
Índice de condición de pavimentos (PCI).	51%
Factor de Reducción por Rama.	20%
Factor de Sección Característica.	16%
Edad del pavimento sin intervención.	13%

Los vectores de la Tabla 22 y Tabla 23 se utilizarán para ponderar los vectores de evaluación de las alternativas correspondientes a cada criterio en sus respectivos escenarios.

Posteriormente, se calcularon las matrices de comparación de alternativas para cada criterio. Estas matrices fueron normalizadas y evaluadas para verificar que cumplieran con el umbral de consistencia, es decir, que su razón de consistencia fuera igual o inferior a 0,1. En caso de cumplir con este requisito, se procede al cálculo del vector de alternativas por criterio. En particular, para el criterio de consideración operacional en el primer escenario, fue necesario repetir el proceso de consenso, al igual que en el caso de los criterios generales, debido a la variabilidad en las opiniones emitidas por los expertos.

Finalmente, se multiplicará cada elemento del vector de ponderación de alternativas por criterio con el vector de ponderación global de los criterios, obteniendo así el ranking final de las secciones características que requieren con mayor urgencia intervenciones de mantenimiento. Este ranking estará ordenado de mayor a menor prioridad, permitiendo identificar claramente las secciones que deben ser intervenidas con mayor prontitud.

8.2 Comparación de Resultados

Al aplicar la metodología de priorización basada en el Método Analítico Jerárquico (AHP) bajo dos escenarios, el primero tomando en consideración la totalidad de la red primaria aeroportuaria nacional y el segundo considerando solo las secciones del Aeródromo La Florida, se obtuvieron los rankings de las secciones mostrados en la Tabla 24 y Tabla 25 respectivamente. Además, se aplicó la metodología de priorización empleada por la Dirección de Aeropuertos. Los resultados se presentan en la Tabla 26.

Tabla 24 Aplicación de metodología de priorización AHP en Aeródromo La Florida (escenario 1).

Sección Característica	Vector Priorización	Posición Global (Nivel Red)	Posición Local (Nivel Aeródromo)
PI-2	0.001867	210	1
UO30-1	0.001771	227	2
UP12-1	0.001742	233	3
UO30-2	0.001704	239	4
CSSEI	0.001619	259	5
R-CAR	0.001598	263	6
UP12-2	0.001513	290	7
PI-1	0.001510	291	8
PL-J	0.001135	447	9
PL-E	0.001113	456	10
ZPCH-30	0.001113	457	11
ZPCH-12	0.001031	489	12
RB-1	0.001023	493	13
RC-1	0.001014	495	14
PL-B	0.000862	540	15
PL-I	0.000861	541	16
PL-CAR	0.000836	547	17
RD	0.000763	559	18
MG-B	0.000763	560	19
MG-C	0.000763	561	20
PL-F	0.000761	562	21
RA-1	0.000757	563	22
RA-2	0.000757	564	23
PL-HELI	0.000685	572	24
PL-CLA	0.000670	576	25
PL-SSEI	0.000664	577	26
MPL-1	0.000654	580	27
MPL-2	0.000654	581	28

Tabla 25 Aplicación de metodología de priorización AHP en Aeródromo La Florida (escenario 2).

Sección Característica	Vector Priorización	Posición
PI-2	0.095885	1
UO30-1	0.079866	2
UP12-1	0.072438	3
UO30-2	0.067308	4
ZPCH-30	0.064851	5
ZPCH-12	0.060774	6
CSSEI	0.052798	7
R-CAR	0.049199	8
UP12-2	0.046361	9
PI-1	0.045952	10
PL-J	0.045235	11
PL-E	0.043766	12
RC-1	0.034309	13
RB-1	0.032697	14
PL-B	0.024345	15
PL-CAR	0.023134	16
PL-I	0.022826	17
RD	0.015725	18
MG-B	0.013716	19
MG-C	0.013716	20
PL-HELI	0.013408	21
PL-F	0.013156	22
RA-1	0.012441	23
RA-2	0.012441	24
MPL-1	0.011162	25
MPL-2	0.011162	26
PL-SSEI	0.010883	27
PL-CLA	0.010449	28

Tabla 26 Aplicación de metodología de priorización DAP en Aeródromo La Florida.

Sección Característica	Índice de priorización	Posición Global (Nivel Red)	Posición Local (Nivel Aeródromo)
PI-2	72.533	64	1
UO30-1	73.980	72	2
UP12-1	74.893	80	3
UO30-2	75.807	84	4
UP12-2	81.287	153	5
ZPCH-30	81.340	155	6
ZPCH-12	82.320	173	7
PL-J	82.720	178	8
PL-E	83.660	202	9
PI-1	86.080	261	10
CSSEI	88.270	317	11
PL-CAR	89.547	347	12
R-CAR	90.090	368	13
RB-1	92.070	426	14
RC-1	93.000	450	15
PL-B	94.000	484	16
PL-I	94.000	485	17
MG-B	95.370	533	18
MG-C	95.370	534	19
PL-HELI	95.387	535	20
RA-1	96.000	539	21
RA-2	96.000	540	22
RD	96.000	541	23
PL-F	96.000	542	24
PL-CLA	96.360	545	25
PL-SSEI	97.333	552	26
MPL-1	98.000	562	27
MPL-2	98.000	563	28

A continuación, se compara el ranking de priorización obtenido con ambas metodologías. La Tabla 27 presenta el ordenamiento de las secciones bajo cada enfoque, lo que permite visualizar las diferencias cualitativas entre ellos. La Tabla 28 cuantifica dichas discrepancias mediante la distribución de las diferencias de posiciones (Δ) entre rankings, indicando el porcentaje de secciones que mantuvieron su posición ($\Delta=0$) y aquellas que presentaron diferencias de una o más posiciones para las 28 secciones características del Aeródromo La Florida.

Tabla 27 Comparación ranking de priorización de las secciones del Aeródromo La Florida.

Posición del Ranking	Sección Característica AHP Escenario 1 (Red)	Sección Característica AHP Escenario 2 (Local)	Sección Característica Metodología DAP
1	PI-2	PI-2	PI-2
2	UO30-1	UO30-1	UO30-1
3	UP12-1	UP12-1	UP12-1
4	UO30-2	UO30-2	UO30-2
5	CSSEI	ZPCH-30	UP12-2
6	R-CAR	ZPCH-12	ZPCH-30
7	UP12-2	CSSEI	ZPCH-12
8	PI-1	R-CAR	PL-J
9	PL-J	UP12-2	PL-E
10	PL-E	PI-1	PI-1
11	ZPCH-30	PL-J	CSSEI
12	ZPCH-12	PL-E	PL-CAR
13	RB-1	RC-1	R-CAR
14	RC-1	RB-1	RB-1
15	PL-B	PL-B	RC-1
16	PL-I	PL-CAR	PL-B
17	PL-CAR	PL-I	PL-I
18	RD	RD	MG-B
19	MG-B	MG-B	MG-C
20	MG-C	MG-C	PL-HELI
21	PL-F	PL-HELI	RA-1
22	RA-1	PL-F	RA-2
23	RA-2	RA-1	RD
24	PL-HELI	RA-2	PL-F
25	PL-CLA	MPL-1	PL-CLA
26	PL-SSEI	MPL-2	PL-SSEI
27	MPL-1	PL-SSEI	MPL-1
28	MPL-2	PL-CLA	MPL-2

La Tabla 28 presenta el porcentaje de diferencias de posición (Δ) entre los rankings asignados por las metodologías comparadas y, en el caso de AHP, considerando ambos escenarios previamente definidos (Red y Local). Por definición, $\Delta=0$ indica que una sección del Aeródromo La Florida mantiene la misma posición en ambos rankings; $\Delta=1$ representa una diferencia de un puesto (hacia arriba o hacia abajo); $\Delta=2$ corresponde a una diferencia de dos posiciones; y $\Delta\geq 3$ señala una discrepancia de tres o más posiciones. Las diferencias caso a caso se ilustran en el Anexo C.

Tabla 28 Diferencia de Posiciones entre los Rankings Generados por las Metodologías de Priorización.

Diferencia de posición en el Ranking (Valor Absoluto)	Metodología DAP-AHP Local	Metodología DAP-AHP Red	AHP Local-AHP Red
$\Delta=0$	25%	29%	29%
$\Delta=1$	25%	36%	29%
$\Delta=2$	21%	7%	29%
$\Delta\geq 3$	29%	29%	14%

En la comparación de DAP con cada escenario de AHP, se observa 29% de casos con $\Delta\geq 3$ y entre 50% y 65% de secciones con $\Delta\leq 1$ (AHP Local $\approx 50\%$, AHP Red $\approx 65\%$). Este patrón sugiere un alineamiento operativo razonable, con discrepancias atribuibles a la mayor cobertura de criterios en la metodología AHP, tales como crecimiento proyectado del tráfico aéreo, condiciones operacionales, seguridad operativa y edad del pavimento sin intervención, además de las diferencias en las ponderaciones asignadas a cada criterio.

En la comparación AHP Local (Escenario 2) vs. AHP Red (Escenario 1), el ajuste de criterios considerado en el Escenario 2 explica las principales diferencias observadas entre rankings. Esta diferencia se refleja en el Vector de Ponderación de Criterios consensuado: en particular, la importancia del Índice de Condición de Pavimentos (PCI) aumenta de 32% a 51%. Aun así, solo 14% de las secciones presenta $\Delta\geq 3$, mientras que 58% difiere a lo sumo en una posición, lo que evidencia alta consistencia interna entre escenarios. Pese a estos cambios en criterios y ponderaciones, el orden relativo de las secciones permanece mayormente estable.

Al comparar la primera posición del ranking a nivel global entre la metodología empleada por la DAP y el Modelo Analítico Jerárquico (AHP), se observa que ambas seleccionan la misma sección para el Aeródromo La Florida correspondiente a PI-2, pero difieren sustantivamente en el puesto del ranking asignado: en AHP ocupa la posición 210/601, mientras que en la metodología empleada por la DAP se ubica en la posición 64/601, es decir, una discrepancia de 146 posiciones. Esta diferencia se explica por la incorporación de nuevos criterios, en particular el crecimiento proyectado del tráfico aéreo y la consideración operacional, los que priorizan otros aeropuertos o aeródromos como los son Arturo Merino Benítez, Diego Aracena y Pte. Carlos Ibáñez del Campo por sobre el Aeródromo La Florida.

9 Conclusiones y Recomendaciones

9.1 Conclusiones

La metodología desarrollada, basada en el Modelo Analítico Jerárquico (AHP), se caracteriza por su implementación sencilla, alta reproducibilidad y rápida capacidad de actualización, lo que la convierte en una herramienta versátil y adaptable para apoyar la toma de decisiones. Su estructura permite modificaciones dinámicas a nivel de base de datos mediante la incorporación de información más reciente de las secciones a evaluar, también es sencillo de modificar a nivel metodológico, facilitando la inclusión de nuevos criterios de priorización en el futuro. Estas actualizaciones pueden realizarse de manera eficiente y sin afectar la coherencia del sistema, entregando resultados más representativos de la realidad operacional.

La incorporación de un mayor número de criterios permite generar un ranking más robusto y técnicamente fundamentado que el obtenido con la metodología actualmente empleada por la Dirección de Aeropuertos. La integración de aspectos estratégicos, operacionales y de proyección futura fortalece y justifica la priorización, otorgando mayor coherencia y sustento técnico. Este enfoque integral permite enfocar de manera más precisa los recursos hacia las secciones más críticas de la red primaria aeroportuaria nacional, optimizando el presupuesto de mantenimiento y rehabilitación.

La implementación del AHP en el Aeródromo La Florida bajo dos escenarios evidenció variaciones en el ordenamiento de las secciones, pero coincidencia en las cuatro primeras posiciones, lo que demuestra consenso al priorizar las secciones más críticas. En consecuencia, se recomienda aplicar la metodología con la totalidad de los datos de la red primaria (Escenario Red) para decisiones de alcance nacional, dado que considera todas las secciones y un mayor número de criterios que refuerzan la solidez del ranking. El Escenario Local resulta conveniente cuando se desea priorizar un aeropuerto específico, por ejemplo, ante la asignación directa de presupuesto a dicha instalación.

9.2 Recomendaciones

Se sugiere ampliar la aplicación de la metodología a la red secundaria de aeródromos, integrando sus secciones a la base de datos. Para ello, se debe incorporar un nuevo criterio de priorización que distinga explícitamente entre red primaria y red secundaria, de modo de cuantificar esa diferencia en la asignación de recursos. Esta adaptación favorecerá una planificación más equitativa y estratégica del mantenimiento en toda la infraestructura aeroportuaria del país.

Asimismo, se recomienda ampliar el número de expertos o realizar una nueva encuesta para consensuar el vector de ponderación de criterios, incorporando instancias de revisión periódica que permitan refinar continuamente los resultados del modelo. Por último, se sugiere establecer ciclos de actualización de la base de datos (anuales o semestrales) para mantener la vigencia y la representabilidad de los resultados.

10 Referencias

- ASA. (2017). *Mecanismo de Priorización de Inversiones de Aeropuertos y Servicios Auxiliares*. ASA.
- DAP-DCO-UCA-MP-NA-PM-0. (2025). *Procedimiento para priorización de inversiones en conservación de estructuras de pavimento del área de movimiento de la red primaria de aeropuertos*. Departamento de Construcción - Dirección de Aeropuertos - Ministerio de Obras Públicas.
- DGAC. (2023). Informe de Seguridad Operacional 2018 – 2022. Dirección General de Aeronáutica Civil – Departamento Prevención de Accidentes Elena Blanco 1050, providencia, Santiago de Chile.
- Di Mascio, P., & Moretti, L. (2019). Implementation of a pavement management system for maintenance and rehabilitation of airport surfaces. *ELSEVIER*, 11.
- Dirección de Aeropuertos. (2021). *Balance de Gestión Integral AÑO 2021*. Santiago: Ministerio de Obras Públicas.
- Mendoza, A., Solano, C., Palencia, D., & Garcia, D. (2019). *Aplicación del proceso de jerarquía analítica (AHP) para la toma de decisión con juicios de expertos*. Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería, vol. 27 N° 3.
- Merino, E., & Bojórquez, L. (2021). *Manual: Proceso Analítico Jerárquico (AHP)*.
- Rojas, V. (2017). “Proposición de modelo matemático para la priorización de recursos, destinados a labores de conservaciones de pavimentos aeroportuarios”. Santiago: Universidad Tecnológica Metropolitana de Chile.
- Saaty, R. W. (1987). The Analytic Hierarchy Process – What It Is and How It Is Used.
- Shah, A., & Tighe, S. (2011). Development of a unique deterioration index, prioritization methodology, and foreign object damage evaluation models for Canadian airfield pavement management. *Canadian Journal of Civil Engineering*.
- Tofail, M. M., Oh, E., Chai, G., & Bell, P. (2020). An overview of the airport pavement management systems (APMS). *Springer*, 10.
- Tolmo, M. (2020). “Formulación de un marco teórico para la gestión de pavimentos aeroportuarios, aplicable a la red nacional de aeropuertos”. Santiago: Universidad Técnica Federico Santa María.

11 Anexos

11.1 Anexo A: Código de Matlab Primer Escenario (Red primaria)

```
clc
clear all
close all
```

Leer datos hoja Excel

```
[num1,raw1]=xlsread('Datos_Aeropuertos_V3.xlsx','Criterios');
[num2,raw2]=xlsread('Datos_Aeropuertos_V3.xlsx','Datos');
```

Matriz de comparación de criterios

```
[Numeros_Criterios,Numero_de_Expertos]=size(num1); % Cantidad de criterios a evaluar y
Cantidad de expertos
Criterio_Max=max(num1); % Valor máximo de criterio según expertos
Criterio_Min=min(num1); % Valor mínimo de criterio según expertos
Diferencia_Criterios=Criterio_Max-Criterio_Min; % Diferencia de valor criterios según expertos

%% Bucle para crear las matrices de ceros según el número de criterios a evaluar
for ex = 1:Numero_de_Expertos
    Nombre = ['Matriz_Criterios_Experto_' num2str(ex)]; % Crear el nombre de la matriz en
función del número de expertos
    eval([Nombre ' = zeros(' num2str(Numeros_Criterios) ', ' num2str(Numeros_Criterios)
']);]);% Crear la matriz 8x8 de ceros y asignarla a la variable dinámica
end

% Calculo de Matriz de Criterios según la opinión de cada experto
for col=1:Numero_de_Expertos % Recorre las opiniones de los expertos de la importancia de los
criterios
    for i=1:Numeros_Criterios % Recorre Filas de la matriz de ceros
        for j=1:Numeros_Criterios % Recorre Columnas de la matriz de ceros
            if num1(i,col) >= num1(j,col) % Comparación de criterio mayor o igual (Valores
altos mayor importancia del criterio)
                eval(['Matriz_Criterios_Experto_' num2str(col) '(i,j)=round(8*((num1(i,col)-
num1(j,col))/Diferencia_Criterios(1,col))+1,0);']);
            else
                eval(['Matriz_Criterios_Experto_' num2str(col)
'(i,j)=1/(round(8*((num1(j,col)-num1(i,col))/Diferencia_Criterios(1,col))+1,0));']);
            end
        end
    end
end

%% Bucle para crear las matrices normalizadas de ceros según el número de criterios a evaluar
for ex = 1:Numero_de_Expertos
    Nombre2 = ['Matriz_Criterios_Normalizada_Experto_' num2str(ex)]; % Crear el nombre de la
matriz en función del número de expertos
    eval([Nombre2 ' = zeros(' num2str(Numeros_Criterios) ', ' num2str(Numeros_Criterios)
']);]);% Crear la matriz 8x8 de ceros y asignarla a la variable dinámica
end
```

```

% Normalización de Matriz de Criterios según la opinión de cada experto
for colu=1:Numero_de_Expertos % Recorre las opiniones de los expertos de la importancia de los
criterios
    eval(['Suma_Columnas_Criterios_Experto_' num2str(colu) ' = sum(Matriz_Criterios_Experto_'
num2str(colu) ');']); % Calculo de la suma de las columnas de la matriz de criterios de cada
experto
    for k=1:Numeros_Criterios % Recorre Filas de la matriz normalizada de ceros
        for l=1:Numeros_Criterios % Recorre Columnas de la matriz normalizada de ceros
            eval(['Matriz_Criterios_Normalizada_Experto_' num2str(colu)
'(k,l)=Matriz_Criterios_Experto_' num2str(colu) '(k,l)/Suma_Columnas_Criterios_Experto_'
num2str(colu) '(1,l);']);
        end
    end
end

% Ponderación de los criterios
for colu2=1:Numero_de_Expertos % Recorre las opiniones de los expertos de la importancia de
los criterios
    eval(['Ponderacion_Criterios_Experto_' num2str(colu2)
'=mean(Matriz_Criterios_Normalizada_Experto_' num2str(colu2) ',2);']);
end

```

Validación

```

for colu3=1:Numero_de_Expertos % Recorre las opiniones de los expertos de la importancia de
los criterios
    eval(['Lamda_Max_Ex_' num2str(colu3) '=Suma_Columnas_Criterios_Experto_' num2str(colu3)
'*Ponderacion_Criterios_Experto_' num2str(colu3) ');']);
end

for colu4=1:Numero_de_Expertos % Recorre las opiniones de los expertos de la importancia de
los criterios
    eval(['IC_Ex_' num2str(colu4) '=(Lamda_Max_Ex_' num2str(colu4) '-
Numeros_Criterios)/((Numeros_Criterios-1))']); % índice de consistencia (IC)
end

Valores_Indice_Consistencia_Aleatoria=[0 0 0.58 0.9 1.12 1.24 1.32 1.41 1.45 1.49];
ICA=Valores_Indice_Consistencia_Aleatoria(1,Numeros_Criterios); % Índice de consistencia
aleatoria

for colu5=1:Numero_de_Expertos % Recorre las opiniones de los expertos de la importancia de
los criterios
    eval(['RIC_Ex_' num2str(colu5) '=IC_Ex_' num2str(colu5) '/ICA']); % Relación índice de
consistencia
end

RIC_Ex=[];% Vector para almacenar la Relación Índice de consistencia de cada experto
for colu6=1:Numero_de_Expertos % Recorre las opiniones de los expertos de la importancia de
los criterios
    RIC_Ex=[RIC_Ex, eval(['RIC_Ex_' num2str(colu6)])]; % Se agregan las opiniones de cada
experto
end
Matrices_Considerar=cell(1,Numero_de_Expertos); % Matriz para almacenar las matrices de
criterios de los expertos según la escala de saaty
for colu7=1:Numero_de_Expertos % Recorre las opiniones de los expertos de la importancia de
los criterios

```

```

    Matrices_Considerar{colu7} = eval(['Matriz_Criterios_Experto_' num2str(colu7)]);
end
Matriz_Producto_Criterios= ones(Numeros_Criterios,Numeros_Criterios); % Matriz de unos para
iniciar la multiplicación geométrica

for colu8=1:Numero_de_Expertos % Recorre las opiniones de los expertos de la importancia de
los criterios
    if RIC_Ex(colu8) <0.1 % Verificación de valides con una Relación Índice de consistencia
menor al 10%
        Matriz_Producto_Criterios=Matriz_Producto_Criterios.*Matrices_Considerar{colu8};
    end
end

Matriz_Criterios_Consensuada= Matriz_Producto_Criterios .^ (1 / sum(RIC_Ex < 0.1)); % Media
geométrica
Matriz_Criterios_Consensuada_Normalizada=zeros(Numeros_Criterios);
Suma_Columnas_Criterios_Consensuada=sum(Matriz_Criterios_Consensuada); % Cálculo de la suma de
las columnas de la matriz de criterios consensuada

for kk=1:Numeros_Criterios % Recorre Filas
    for ll=1:Numeros_Criterios % Recorre Columnas

Matriz_Criterios_Consensuada_Normalizada(kk,ll)=Matriz_Criterios_Consensuada(kk,ll)/(Suma_Colu
mnas_Criterios_Consensuada(1,ll));
    end
end

Ponderacion_Criterios_Consensuados=mean(Matriz_Criterios_Consensuada_Normalizada,2); %
Ponderación de importancia de los criterios según el consenso de expertos

```

Matriz Comparación de Alternativas

```

%Criterio 1: PCI (Menor valor => mayor Priorización)
Alterantivas_Criterio_1=num2(:,3); % Lectura del valor de las alternativas para el Criterio
N°1
Matriz_Alternativas_Criterio_1=zeros(length(Alterantivas_Criterio_1)); % Matriz de ceros para
registrar la comparación entre las alternativas del Criterio N°1 según la escala de Saaty
Max_Alternativa_Criterio_1=max(Alterantivas_Criterio_1); % Valor máximo de la alternativa para
el Criterio N°1
Min_Alternativa_Criterio_1=min(Alterantivas_Criterio_1); % Valor mínimo de la alternativa para
el Criterio N°1
Diferencia_Alternativa_Criterio_1=Max_Alternativa_Criterio_1-Min_Alternativa_Criterio_1; %
Diferencia entre máximo y mínimo para el Criterio N°1

for m=1:length(Alterantivas_Criterio_1) % Recorre Filas
    for n=1:length(Alterantivas_Criterio_1) % Recorre Columnas
        if Alterantivas_Criterio_1(m,1) < Alterantivas_Criterio_1(n,1) % Comparación de
criterio menor o igual (Valores bajos mayor importancia de alternativa)
            Matriz_Alternativas_Criterio_1(m,n)=round(8*((Alterantivas_Criterio_1(n,1)-
Alterantivas_Criterio_1(m,1))/Diferencia_Alternativa_Criterio_1)+1,0);
        else
            Matriz_Alternativas_Criterio_1(m,n)=1/(round(8*((Alterantivas_Criterio_1(m,1)-
Alterantivas_Criterio_1(n,1))/Diferencia_Alternativa_Criterio_1)+1,0));
        end
    end
end

```

```

end

Matriz_Alternativas_Criterio_1_Normalizada=zeros(length(Alterantivas_Criterio_1));
Suma_Columnas_Matriz_Alternativas_Criterio_1=sum(Matriz_Alternativas_Criterio_1);

for o=1:length(Alterantivas_Criterio_1) % Recorre Filas
    for p=1:length(Alterantivas_Criterio_1) % Recorre Columnas

Matriz_Alternativas_Criterio_1_Normalizada(o,p)=Matriz_Alternativas_Criterio_1(o,p)/(Suma_Colu
mnas_Matriz_Alternativas_Criterio_1(1,p)); % Matriz normalizada del Criterio N°1
    end
end

Promedio_Criterios_1=mean(Matriz_Alternativas_Criterio_1_Normalizada,2); % Vector de
importancia de alternstivas para el Criterio N°1

% Validación Criterio N°1
Lamda_Max_Criterio_1= Suma_Columnas_Matriz_Alternativas_Criterio_1*Promedio_Criterios_1;
IC_Criterio_1=(Lamda_Max_Criterio_1-
length(Alterantivas_Criterio_1))/(length(Alterantivas_Criterio_1)-1); % Índice de consistencia
Criterio N°1
ICA_C1=(1.98*(length(Alterantivas_Criterio_1)-2))/length(Alterantivas_Criterio_1); % Índice de
consistencia aleatoria Criterio N°1
RIC_Criterio_1= IC_Criterio_1/ICA_C1; % Relación Índice de consistencia Criterio N°1

%Criterio 2: Factor de Reducción por Despegue (Menor valor => mayor Priorización)
Alterantivas_Criterio_2=num2(:,4); % Lectura del valor de las alternativas para el Criterio
N°2
Matriz_Alternativas_Criterio_2=zeros(length(Alterantivas_Criterio_2)); % Matriz de ceros para
registrar la comparación entre las alternativas del Criterio N°2 según la escala de Saaty
Max_Alternativa_Criterio_2=max(Alterantivas_Criterio_2);% Valor máximo de la alternativa para
el Criterio N°2
Min_Alternativa_Criterio_2=min(Alterantivas_Criterio_2);% Valor mínimo de la alternativa para
el Criterio N°2
Diferencia_Alternativa_Criterio_2=Max_Alternativa_Criterio_2-Min_Alternativa_Criterio_2;%
Diferencia entre máximo y mínimo para el Criterio N°2

for q=1:length(Alterantivas_Criterio_2) % Recorre Filas
    for r=1:length(Alterantivas_Criterio_2) % Recorre Columnas
        if Alterantivas_Criterio_2(q,1) < Alterantivas_Criterio_2(r,1) % Comparación de
criterio menor o igual (Valores bajos mayor importancia de alternativa)
            Matriz_Alternativas_Criterio_2(q,r)=round(8*((Alterantivas_Criterio_2(r,1)-
Alterantivas_Criterio_2(q,1))/Diferencia_Alternativa_Criterio_2)+1,0);
        else
            Matriz_Alternativas_Criterio_2(q,r)=1/(round(8*((Alterantivas_Criterio_2(q,1)-
Alterantivas_Criterio_2(r,1))/Diferencia_Alternativa_Criterio_2)+1,0));
        end
    end
end

Matriz_Alternativas_Criterio_2_Normalizada=zeros(length(Alterantivas_Criterio_2));
Suma_Columnas_Matriz_Alternativas_Criterio_2=sum(Matriz_Alternativas_Criterio_2);

for s=1:length(Alterantivas_Criterio_2) % Recorre Filas
    for t=1:length(Alterantivas_Criterio_2) % Recorre Columnas

Matriz_Alternativas_Criterio_2_Normalizada(s,t)=Matriz_Alternativas_Criterio_2(s,t)/(Suma_Colu

```

```

mnas_Matriz_Alternativas_Criterio_2(1,t)); % Matriz normalizada del Criterio N°2
    end
end

Promedio_Criterios_2=mean(Matriz_Alternativas_Criterio_2_Normalizada,2); % Vector de
importancia de alternativas para el Criterio N°2

% Validación Criterio N°2
Lamda_Max_Criterio_2= Suma_Columnas_Matriz_Alternativas_Criterio_2*Promedio_Criterios_2;
IC_Criterio_2=(Lamda_Max_Criterio_2-
length(Alterantivas_Criterio_2))/(length(Alterantivas_Criterio_2)-1); % Índice de consistencia
Criterio N°2
ICA_C2=(1.98*(length(Alterantivas_Criterio_2)-2))/length(Alterantivas_Criterio_2); % Índice de
consistencia aleatoria Criterio N°2
RIC_Criterio_2= IC_Criterio_2/ICA_C2; % Relación Índice de consistencia Criterio N°2

%Criterio 3: Factor de Reducción por Rama (Menor valor => mayor Priorización)
Alterantivas_Criterio_3=num2(:,7); % Lectura del valor de las alternativas para el Criterio
N°3
Matriz_Alternativas_Criterio_3=zeros(length(Alterantivas_Criterio_3)); % Matriz de ceros para
registrar la comparación entre las alternativas del Criterio N°3 según la escala de Saaty
Max_Alternativa_Criterio_3=max(Alterantivas_Criterio_3);% Valor máximo de la alternativa para
el Criterio N°3
Min_Alternativa_Criterio_3=min(Alterantivas_Criterio_3);% Valor mínimo de la alternativa para
el Criterio N°3
Diferencia_Alternativa_Criterio_3=Max_Alternativa_Criterio_3-Min_Alternativa_Criterio_3;%
Diferencia entre máximo y mínimo para el Criterio N°3

for v=1:length(Alterantivas_Criterio_3) % Recorre Filas
    for w=1:length(Alterantivas_Criterio_3) % Recorre Columnas
        if Alterantivas_Criterio_3(v,1) < Alterantivas_Criterio_3(w,1) % Comparación de
criterio menor o igual (Valores bajos mayor importancia de alternativa)
            Matriz_Alternativas_Criterio_3(v,w)=round(8*((Alterantivas_Criterio_3(w,1)-
Alterantivas_Criterio_3(v,1))/Diferencia_Alternativa_Criterio_3)+1,0);
        else
            Matriz_Alternativas_Criterio_3(v,w)=1/(round(8*((Alterantivas_Criterio_3(v,1)-
Alterantivas_Criterio_3(w,1))/Diferencia_Alternativa_Criterio_3)+1,0));
        end
    end
end

Matriz_Alternativas_Criterio_3_Normalizada=zeros(length(Alterantivas_Criterio_3));
Suma_Columnas_Matriz_Alternativas_Criterio_3=sum(Matriz_Alternativas_Criterio_3);

for x=1:length(Alterantivas_Criterio_3) % Recorre Filas
    for y=1:length(Alterantivas_Criterio_3) % Recorre Columnas

Matriz_Alternativas_Criterio_3_Normalizada(x,y)=Matriz_Alternativas_Criterio_3(x,y)/(Suma_Colu
mnas_Matriz_Alternativas_Criterio_3(1,y));% Matriz normalizada del Criterio N°3
    end
end

Promedio_Criterios_3=mean(Matriz_Alternativas_Criterio_3_Normalizada,2); % Vector de
importancia de alternativas para el Criterio N°3

% Validación Criterio N°3
Lamda_Max_Criterio_3= Suma_Columnas_Matriz_Alternativas_Criterio_3*Promedio_Criterios_3;

```

```

IC_Criterio_3=(Lamda_Max_Criterio_3-
length(Alterantivas_Criterio_3))/(length(Alterantivas_Criterio_3)-1); % Índice de consistencia
Criterio N°3
ICA_C3=(1.98*(length(Alterantivas_Criterio_3)-2))/length(Alterantivas_Criterio_3); % Índice de
consistencia aleatoria Criterio N°3
RIC_Criterio_3= IC_Criterio_3/ICA_C3; % Relación Índice de consistencia Criterio N°3

%Criterio 4: Factor de Reducción por Sección Característica (Menor valor => mayor
Priorización)
Alterantivas_Criterio_4=num2(:,10); % Lectura del valor de las alternativas para el Criterio
N°4
Matriz_Alternativas_Criterio_4=zeros(length(Alterantivas_Criterio_4)); % Matriz de ceros para
registrar la comparación entre las alternativas del Criterio N°4 según la escala de Saaty
Max_Alternativa_Criterio_4=max(Alterantivas_Criterio_4);% Valor máximo de la alternativa para
el Criterio N°4
Min_Alternativa_Criterio_4=min(Alterantivas_Criterio_4);% Valor mínimo de la alternativa para
el Criterio N°4
Diferencia_Alternativa_Criterio_4=Max_Alternativa_Criterio_4-Min_Alternativa_Criterio_4;%
Diferencia entre máximo y mínimo para el Criterio N°4

for z=1:length(Alterantivas_Criterio_4) % Recorre Filas
    for aa=1:length(Alterantivas_Criterio_4) % Recorre Columnas
        if Alterantivas_Criterio_4(z,1) < Alterantivas_Criterio_4(aa,1) % Comparación de
criterio menor o igual (Valores bajos mayor importancia de alternativa)
            Matriz_Alternativas_Criterio_4(z,aa)=round(8*((Alterantivas_Criterio_4(aa,1)-
Alterantivas_Criterio_4(z,1))/Diferencia_Alternativa_Criterio_4)+1,0);
        else
            Matriz_Alternativas_Criterio_4(z,aa)=1/(round(8*((Alterantivas_Criterio_4(z,1)-
Alterantivas_Criterio_4(aa,1))/Diferencia_Alternativa_Criterio_4)+1,0));
        end
    end
end

Matriz_Alternativas_Criterio_4_Normalizada=zeros(length(Alterantivas_Criterio_4));
Suma_Columnas_Matriz_Alternativas_Criterio_4=sum(Matriz_Alternativas_Criterio_4);

for ab=1:length(Alterantivas_Criterio_4) % Recorre Filas
    for ac=1:length(Alterantivas_Criterio_4) % Recorre Columnas

Matriz_Alternativas_Criterio_4_Normalizada(ab,ac)=Matriz_Alternativas_Criterio_4(ab,ac)/(Suma_
Columnas_Matriz_Alternativas_Criterio_4(1,ac));% Matriz normalizada del Criterio N°4
    end
end

Promedio_Criterios_4=mean(Matriz_Alternativas_Criterio_4_Normalizada,2); % Vector de
importancia de alternativas para el Criterio N°4

% Validación Criterio N°4
Lamda_Max_Criterio_4= Suma_Columnas_Matriz_Alternativas_Criterio_4*Promedio_Criterios_4;
IC_Criterio_4=(Lamda_Max_Criterio_4-
length(Alterantivas_Criterio_4))/(length(Alterantivas_Criterio_4)-1); % Índice de consistencia
Criterio N°4
ICA_C4=(1.98*(length(Alterantivas_Criterio_4)-2))/length(Alterantivas_Criterio_4); % Índice de
consistencia aleatoria Criterio N°4
RIC_Criterio_4= IC_Criterio_4/ICA_C4; % Relación Índice de consistencia Criterio N°4

% Criterio 5: Consideración Operacional (Mayor valor => Mayor Priorización)

```

```

Alterantivas_Criterio_5=num2(:,11:19); % Lectura del valor de las alternativas para el
Criterio N°5
Matriz_Alternativas_Criterio_5=zeros(length(Alterantivas_Criterio_5)); % Matriz de ceros para
registrar la comparación entre las alternativas del Criterio N°5 según la escala de Saaty
Max_Alternativa_Criterio_5=max(Alterantivas_Criterio_5);% Valor máximo de la alternativa para
el Criterio N°4
Min_Alternativa_Criterio_5=min(Alterantivas_Criterio_5);% Valor mínimo de la alternativa para
el Criterio N°4
Diferencia_Alternativa_Criterio_5=Max_Alternativa_Criterio_5-Min_Alternativa_Criterio_5;%
Diferencia entre máximo y mínimo para el Criterio N°4

% Bucle para crear las matrices de ceros según el número de criterios a evaluar
for ex1 = 1:Numero_de_Expertos
    Nombre = ['Matriz_Alternativas_Criterio_5_EX_' num2str(ex1)]; % Crear el nombre de la
matriz en función del número de expertos
    eval([Nombre ' = zeros(' num2str(length(Alterantivas_Criterio_5)) ', '
num2str(length(Alterantivas_Criterio_5)) ');']);% Crear la matriz 8x8 de ceros y asignarla a
la variable dinámica
end

% Calculo de Matriz de Criterios según la opinión de cada experto
for col9=1:Numero_de_Expertos % Recorre las opiniones de los expertos de la importancia de los
criterios
    for ad=1:length(Alterantivas_Criterio_5) % Recorre Filas de la matriz de ceros
        for af=1:length(Alterantivas_Criterio_5) % Recorre Columnas de la matriz de ceros
            if Alterantivas_Criterio_5(ad,col9) >= Alterantivas_Criterio_5(af,col9) %
Comparación de criterio mayor o igual (Valores altos mayor importancia del criterio)
                eval(['Matriz_Alternativas_Criterio_5_EX_' num2str(col9)
'(ad,af)=round(8*((Alterantivas_Criterio_5(ad,col9)-
Alterantivas_Criterio_5(af,col9))/Diferencia_Alternativa_Criterio_5(1,col9))+1,0);']);
            else
                eval(['Matriz_Alternativas_Criterio_5_EX_' num2str(col9)
'(ad,af)=1/(round(8*((Alterantivas_Criterio_5(af,col9)-
Alterantivas_Criterio_5(ad,col9))/Diferencia_Alternativa_Criterio_5(1,col9))+1,0));']);
            end
        end
    end
end

% Bucle para crear las matrices normalizadas de ceros según el número de criterios a evaluar
for ex11 = 1:Numero_de_Expertos
    Nombre2 = ['Matriz_Alternativas_Criterio_5_Normalizada_EX_' num2str(ex11)]; % Crear el
nombre de la matriz en función del número de expertos
    eval([Nombre2 ' = zeros(' num2str(Numero_Criterios) ', ' num2str(Numero_Criterios)
');']);% Crear la matriz 8x8 de ceros y asignarla a la variable dinámica
end

% Normalización de Matriz de Criterios según la opinión de cada experto
for col10=1:Numero_de_Expertos % Recorre las opiniones de los expertos de la importancia de
los criterios
    eval(['Suma_Columnas_Matriz_Alternativas_Criterio_5_EX_' num2str(col10) ' =
sum(Matriz_Alternativas_Criterio_5_EX_' num2str(col10) ');']); % Calculo de la suma de las
columnas de la matriz de criterios de cada experto
    for ag=1:length(Alterantivas_Criterio_5) % Recorre Filas de la matriz normalizada de
ceros.
        for ah=1:length(Alterantivas_Criterio_5) % Recorre Columnas de la matriz normalizada

```

```

de ceros
    eval(['Matriz_Alternativas_Criterio_5_Normalizada_EX_' num2str(col10)
'(ag,ah)=Matriz_Alternativas_Criterio_5_EX_' num2str(col10)
'(ag,ah)/Suma_Columnas_Matriz_Alternativas_Criterio_5_EX_' num2str(col10) '(1,ah);']);
    end
end
end

% Ponderación de los criterios
for col11=1:Numero_de_Expertos % Recorre las opiniones de los expertos de la importancia de
los criterios
    eval(['Promedio_Criterios_5_EX_' num2str(col11)
'=mean(Matriz_Alternativas_Criterio_5_Normalizada_EX_' num2str(col11) ',2);']);
end

% Validación Criterio N°5
for col12=1:Numero_de_Expertos % Recorre las opiniones de los expertos de la importancia de
los criterios
    eval(['Lamda_Max_C5_Ex_' num2str(col12)
'=Suma_Columnas_Matriz_Alternativas_Criterio_5_EX_' num2str(col12) '*Promedio_Criterios_5_EX_'
num2str(col12) ' ');']);
end

for col13=1:Numero_de_Expertos % Recorre las opiniones de los expertos de la importancia de
los criterios
    eval(['IC_C5_Ex_' num2str(col13) '=(Lamda_Max_C5_Ex_' num2str(col13) '-
length(Alterantivas_Criterio_5))/((length(Alterantivas_Criterio_5)-1))']); % índice de
consistencia (IC) Criterio N°5
end

ICA_C5=(1.98*(length(Alterantivas_Criterio_5)-2))/length(Alterantivas_Criterio_5); % Índice de
consistencia aleatoria

for col14=1:Numero_de_Expertos % Recorre las opiniones de los expertos de la importancia de
los criterios
    eval(['RIC_C5_Ex_' num2str(col14) '=IC_C5_Ex_' num2str(col14) '/ICA_C5;']); % Relación
índice de consistencia
end

RIC_C5_Ex=[];% Vector para almacenar la Relación Índice de consistencia de cada experto para
el criterio N°5
for col15=1:Numero_de_Expertos % Recorre las opiniones de los expertos de la importancia de
los criterios
    RIC_C5_Ex=[RIC_C5_Ex, eval(['RIC_C5_Ex_' num2str(col15)]]); % Se agregan las opiniones de
cada experto
end
Matrices_Considerar_C5=cell(1,Numero_de_Expertos); % Matriz para almacenar las matrices de
criterios de los expertos según la escala de Saaty
for col16=1:Numero_de_Expertos % Recorre las opiniones de los expertos de la importancia de
los criterios
    Matrices_Considerar_C5{col16} = eval(['Matriz_Alternativas_Criterio_5_EX_'
num2str(col16)']);
end
Matriz_Producto_Criterios_C5=
ones(length(Alterantivas_Criterio_5),length(Alterantivas_Criterio_5)); % Matriz de unos para
iniciar la multiplicación geométrica

```

```

for col17=1:Numero_de_Expertos % Recorre las opiniones de los expertos de la importancia de
los criterios
    if RIC_C5_Ex(col17) < 0.1 % Verificación de valides con una Relación Índice de consistencia
menor al 10%

Matriz_Producto_Criterios_C5=Matriz_Producto_Criterios_C5.*Matrices_Considerar_C5{col17};
    end
end

Matriz_Criterios_Consensuada_C5= Matriz_Producto_Criterios_C5 .^ (1 / sum(RIC_C5_Ex < 0.1)); %
Media Geométrica
Matriz_Criterios_Consensuada_Normalizada_C5=zeros(length(Alterantivas_Criterio_5),length(Alter
antivas_Criterio_5));
Suma_Columnas_Criterios_Consensuada_C5=sum(Matriz_Criterios_Consensuada_C5); % calculo de la
suma de las columnas de la matriz de criterios consensuada

for bb=1:length(Alterantivas_Criterio_5) % Recorre Filas
    for cc=1:length(Alterantivas_Criterio_5) % Recorre Columnas

Matriz_Criterios_Consensuada_Normalizada_C5(bb,cc)=Matriz_Criterios_Consensuada_C5(bb,cc)/(Sum
a_Columnas_Criterios_Consensuada_C5(1,cc));
    end
end

Promedio_Criterios_5_Consensuado=mean(Matriz_Criterios_Consensuada_Normalizada_C5,2); %
Ponderación de importancia de los criterios según el consenso de expertos

%Criterio 6: Seguridad operativa (Mayor valor => Mayor Priorización)
Alterantivas_Criterio_6=num2(:,20); % Lectura del valor de las alternativas para el Criterio
N°6
Matriz_Alternativas_Criterio_6=zeros(length(Alterantivas_Criterio_6));% Matriz de ceros para
registrar la comparación entre las alternativas del Criterio N°6 según la escala de Saaty
Max_Alternativa_Criterio_6=max(Alterantivas_Criterio_6);% valor máximo de la alternativa para
el Criterio N°6
Min_Alternativa_Criterio_6=min(Alterantivas_Criterio_6);% valor mínimo de la alternativa para
el Criterio N°6
Diferencia_Alternativa_Criterio_6=Max_Alternativa_Criterio_6-Min_Alternativa_Criterio_6;%
Diferencia entre máximo y mínimo para el Criterio N°6

for dd=1:length(Alterantivas_Criterio_6) % Recorre Filas
    for ee=1:length(Alterantivas_Criterio_6) % Recorre Columnas
        if Alterantivas_Criterio_6(dd,1) >= Alterantivas_Criterio_6(ee,1) % Comparación de
criterio menor o igual (Valores altos mayor importancia de alternativa)
            Matriz_Alternativas_Criterio_6(dd,ee)=round(8*((Alterantivas_Criterio_6(dd,1)-
Alterantivas_Criterio_6(ee,1))/Diferencia_Alternativa_Criterio_6)+1,0);
        else
            Matriz_Alternativas_Criterio_6(dd,ee)=1/(round(8*((Alterantivas_Criterio_6(ee,1)-
Alterantivas_Criterio_6(dd,1))/Diferencia_Alternativa_Criterio_6)+1,0));
        end
    end
end

Matriz_Alternativas_Criterio_6_Normalizada=zeros(length(Alterantivas_Criterio_6));
Suma_Columnas_Matriz_Alternativas_Criterio_6=sum(Matriz_Alternativas_Criterio_6);

for ff=1:length(Alterantivas_Criterio_6) % Recorre Filas

```

```

for gg=1:length(Alterantivas_Criterio_6) % Recorre Columnas

Matriz_Alternativas_Criterio_6_Normalizada(ff,gg)=Matriz_Alternativas_Criterio_6(ff,gg)/(Suma_
Columnas_Matriz_Alternativas_Criterio_6(1,gg));
end
end

Promedio_Criterios_6=mean(Matriz_Alternativas_Criterio_6_Normalizada,2); % Vector de
importancia de alternstivas para el Criterio N°6

% Validación Criterio N°6
Lamda_Max_Criterio_6= Suma_Columnas_Matriz_Alternativas_Criterio_6*Promedio_Criterios_6;
IC_Criterio_6=(Lamda_Max_Criterio_6-
length(Alterantivas_Criterio_6))/(length(Alterantivas_Criterio_6)-1); % Índice de consistencia
Criterio N°6
ICA_C6=(1.98*(length(Alterantivas_Criterio_6)-2))/length(Alterantivas_Criterio_6); % Índice de
consistencia aleatoria Criterio N°6
RIC_Criterio_6= IC_Criterio_6/ICA_C6; % Relación Índice de consistencia Criterio N°6

%Criterio 7: Crecimiento proyectado del tráfico aéreo (Mayor valor => Mayor Priorización)
Alterantivas_Criterio_7=num2(:,21); % Lectura del valor de las alternativas para el Criterio
N°7
Matriz_Alternativas_Criterio_7=zeros(length(Alterantivas_Criterio_7));% Matriz de ceros para
registrar la comparación entre las alternativas del Criterio N°7 según la escala de Saaty
Max_Alternativa_Criterio_7=max(Alterantivas_Criterio_7);% Valor máximo de la alternativa para
el Criterio N°7
Min_Alternativa_Criterio_7=min(Alterantivas_Criterio_7);% Valor mínimo de la alternativa para
el Criterio N°7
Diferencia_Alternativa_Criterio_7=Max_Alternativa_Criterio_7-Min_Alternativa_Criterio_7;%
Diferencia entre máximo y mínimo para el Criterio N°7

for hh=1:length(Alterantivas_Criterio_7) % Recorre Filas
for ii=1:length(Alterantivas_Criterio_7) % Recorre Columnas
if Alterantivas_Criterio_7(hh,1) >= Alterantivas_Criterio_7(ii,1) % Comparación de
criterio menor o igual (valores altos mayor importancia de alternativa)
Matriz_Alternativas_Criterio_7(hh,ii)=round(8*((Alterantivas_Criterio_7(hh,1)-
Alterantivas_Criterio_7(ii,1))/Diferencia_Alternativa_Criterio_7)+1,0);
else
Matriz_Alternativas_Criterio_7(hh,ii)=1/(round(8*((Alterantivas_Criterio_7(ii,1)-
Alterantivas_Criterio_7(hh,1))/Diferencia_Alternativa_Criterio_7)+1,0));
end
end
end

Matriz_Alternativas_Criterio_7_Normalizada=zeros(length(Alterantivas_Criterio_7));
Suma_Columnas_Matriz_Alternativas_Criterio_7=sum(Matriz_Alternativas_Criterio_7);

for jj=1:length(Alterantivas_Criterio_7) % Recorre Filas
for mm=1:length(Alterantivas_Criterio_7) % Recorre Columnas

Matriz_Alternativas_Criterio_7_Normalizada(jj,mm)=Matriz_Alternativas_Criterio_7(jj,mm)/(Suma_
Columnas_Matriz_Alternativas_Criterio_7(1,mm));
end
end

Promedio_Criterios_7=mean(Matriz_Alternativas_Criterio_7_Normalizada,2); % Vector de
importancia de alternativas para el Criterio N°7

```

```

% Validación Criterio N°7
Lamda_Max_Criterio_7= Suma_Columnas_Matriz_Alternativas_Criterio_7*Promedio_Criterios_7;
IC_Criterio_7=(Lamda_Max_Criterio_7-
length(Alterantivas_Criterio_7))/(length(Alterantivas_Criterio_7)-1); % Índice de consistencia
Criterio N°7
ICA_C7=(1.98*(length(Alterantivas_Criterio_7)-2))/length(Alterantivas_Criterio_7); % Índice de
consistencia aleatoria Criterio N°7
RIC_Criterio_7= IC_Criterio_7/ICA_C7; % Relación Índice de consistencia Criterio N°7

%Criterio 8: Edad del pavimento sin intervención (Mayor valor => Mayor Priorización)

Alterantivas_Criterio_8=num2(:,24); % Lectura del valor de las alternativas para el Criterio
N°8
Matriz_Alternativas_Criterio_8=zeros(length(Alterantivas_Criterio_8));% Matriz de ceros para
registrar la comparación entre las alternativas del Criterio N°8 según la escala de Saaty
Max_Alternativa_Criterio_8=max(Alterantivas_Criterio_8);% Valor máximo de la alternativa para
el Criterio N°8
Min_Alternativa_Criterio_8=min(Alterantivas_Criterio_8);% Valor mínimo de la alternativa para
el Criterio N°8
Diferencia_Alternativa_Criterio_8=Max_Alternativa_Criterio_8-Min_Alternativa_Criterio_8;%
Diferencia entre máximo y mínimo para el Criterio N°8

for nn=1:length(Alterantivas_Criterio_8) % Recorre Filas
    for oo=1:length(Alterantivas_Criterio_8) % Recorre Columnas
        if Alterantivas_Criterio_8(nn,1) >= Alterantivas_Criterio_8(oo,1) % Comparación de
criterio menor o igual (valores altos mayor importancia de alternativa)
            Matriz_Alternativas_Criterio_8(nn,oo)=round(8*((Alterantivas_Criterio_8(nn,1)-
Alterantivas_Criterio_8(oo,1))/Diferencia_Alternativa_Criterio_8)+1,0);
        else
            Matriz_Alternativas_Criterio_8(nn,oo)=1/(round(8*((Alterantivas_Criterio_8(oo,1)-
Alterantivas_Criterio_8(nn,1))/Diferencia_Alternativa_Criterio_8)+1,0));
        end
    end
end

Matriz_Alternativas_Criterio_8_Normalizada=zeros(length(Alterantivas_Criterio_8));
Suma_Columnas_Matriz_Alternativas_Criterio_8=sum(Matriz_Alternativas_Criterio_8);

for pp=1:length(Alterantivas_Criterio_8) % Recorre Filas
    for qq=1:length(Alterantivas_Criterio_8) % Recorre Columnas

Matriz_Alternativas_Criterio_8_Normalizada(pp,qq)=Matriz_Alternativas_Criterio_8(pp,qq)/(Suma_
Columnas_Matriz_Alternativas_Criterio_8(1,qq));
    end
end

Promedio_Criterios_8=mean(Matriz_Alternativas_Criterio_8_Normalizada,2); % Vector de
importancia de alternativas para el Criterio N°8

% Validación Criterio N°8
Lamda_Max_Criterio_8= Suma_Columnas_Matriz_Alternativas_Criterio_8*Promedio_Criterios_8;
IC_Criterio_8=(Lamda_Max_Criterio_8-
length(Alterantivas_Criterio_8))/(length(Alterantivas_Criterio_8)-1); % Índice de consistencia
Criterio N°8
ICA_C8=(1.98*(length(Alterantivas_Criterio_8)-2))/length(Alterantivas_Criterio_8); % Índice de

```

```
consistencia_aleatoria Criterio N°8
RIC_Criterio_8= IC_Criterio_8/ICA_C8; % Relación Índice de consistencia Criterio N°8
```

Priorización

```
Matriz_Promedio_Criterios=[Promedio_Criterios_1, Promedio_Criterios_2, Promedio_Criterios_3,
Promedio_Criterios_4, Promedio_Criterios_5_Consensuado, Promedio_Criterios_6,
Promedio_Criterios_7, Promedio_Criterios_8];
Vectro_Priorizacion=Matriz_Promedio_Criterios*Ponderacion_Criterios_Consensuados;

Aeropuerto_Aerodromo=raw2(:,1);
Aeropuerto_Aerodromo(1)=[];
Seccion_Caracteristica=raw2(:,2);
Seccion_Caracteristica(1)=[];

Priorizacion= table(Aeropuerto_Aerodromo, Seccion_Caracteristica, Vectro_Priorizacion);
Priorizacion_ordenada=sortrows(Priorizacion,3,"descend");
```

11.2 Anexo B: Código de Matlab Segundo Escenario (Aeródromo o Aeropuerto Especifico)

```
clc
clear all
close all
```

Leer datos hoja Excel

```
[num1,raw1]=xlsread('Datos_Aeropuertos_V3.xlsx','Criterios_A');
[num2,raw2]=xlsread('Datos_Aeropuertos_V3.xlsx','Datos_A');
```

Matriz de comparación de criterios

```
[Numeros_Criterios,Numero_de_Expertos]=size(num1); % Cantidad de criterios a evaluar y
Cantidad de expertos
Criterio_Max=max(num1); % Valor máximo de criterio según expertos
Criterio_Min=min(num1); % Valor mínimo de criterio según expertos
Diferencia_Criterios=Criterio_Max-Criterio_Min; % Diferencia de valor criterios según expertos

%% Bucle para crear las matrices de ceros según el número de criterios a evaluar
for ex = 1:Numero_de_Expertos
    Nombre = ['Matriz_Criterios_Experto_' num2str(ex)]; % Crear el nombre de la matriz en
función del número de expertos
    eval([Nombre ' = zeros(' num2str(Numeros_Criterios) ', ' num2str(Numeros_Criterios)
']);]);% Crear la matriz 8x8 de ceros y asignarla a la variable dinámica
end

% Calculo de Matriz de Criterios según la opinión de cada experto
for col=1:Numero_de_Expertos % Recorre las opiniones de los expertos de la importancia de los
criterios
    for i=1:Numeros_Criterios % Recorre Filas de la matriz de ceros
        for j=1:Numeros_Criterios % Recorre Columnas de la matriz de ceros
            if num1(i,col) >= num1(j,col) % Comparación de criterio mayor o igual (Valores
altos mayor importancia del criterio)
                eval(['Matriz_Criterios_Experto_' num2str(col) ' '(i,j)=round(8*((num1(i,col)-
```

```

num1(j,col))/Diferencia_Criterios(1,col))+1,0));'];
    else
        eval(['Matriz_Criterios_Experto_' num2str(col)
'(i,j)=1/(round(8*((num1(j,col)-num1(i,col))/Diferencia_Criterios(1,col))+1,0));']);
    end
end
end
end

% Bucle para crear las matrices normalizadas de ceros según el número de criterios a evaluar
for ex = 1:Numero_de_Expertos
    Nombre2 = ['Matriz_Criterios_Normalizada_Experto_' num2str(ex)]; % Crear el nombre de la
matriz en función del número de expertos
    eval([Nombre2 ' = zeros(' num2str(Numeros_Criterios) ', ' num2str(Numeros_Criterios)
');']); % Crear la matriz 8x8 de ceros y asignarla a la variable dinámica
end

% Normalización de Matriz de Criterios según la opinión de cada experto
for colu=1:Numero_de_Expertos % Recorre las opiniones de los expertos de la importancia de los
criterios
    eval(['Suma_Columnas_Criterios_Experto_' num2str(colu) ' = sum(Matriz_Criterios_Experto_'
num2str(colu) ');']); % Calculo de la suma de las columnas de la matriz de criterios de cada
experto
    for k=1:Numeros_Criterios % Recorre Filas de la matriz normalizada de ceros
        for l=1:Numeros_Criterios % Recorre Columnas de la matriz normalizada de ceros
            eval(['Matriz_Criterios_Normalizada_Experto_' num2str(colu)
'(k,l)=Matriz_Criterios_Experto_' num2str(colu) '(k,l)/Suma_Columnas_Criterios_Experto_'
num2str(colu) '(1,l);']);
        end
    end
end

% Ponderación de los criterios
for colu2=1:Numero_de_Expertos % Recorre las opiniones de los expertos de la importancia de
los criterios
    eval(['Ponderacion_Criterios_Experto_' num2str(colu2)
'=mean(Matriz_Criterios_Normalizada_Experto_' num2str(colu2) ',2);']);
end

```

Validación

```

for colu3=1:Numero_de_Expertos % Recorre las opiniones de los expertos de la importancia de
los criterios
    eval(['Lamda_Max_Ex_' num2str(colu3) '=Suma_Columnas_Criterios_Experto_' num2str(colu3)
'*Ponderacion_Criterios_Experto_' num2str(colu3) ');']);
end

for colu4=1:Numero_de_Expertos % Recorre las opiniones de los expertos de la importancia de
los criterios
    eval(['IC_Ex_' num2str(colu4) '=(Lamda_Max_Ex_' num2str(colu4) '-
Numeros_Criterios)/((Numeros_Criterios-1))']); % índice de consistencia (IC)
end

Valores_Indice_Consistencia_Aleatoria=[0 0 0.58 0.9 1.12 1.24 1.32 1.41 1.45 1.49];
ICA=Valores_Indice_Consistencia_Aleatoria(1,Numeros_Criterios); % Índice de consistencia
aleatoria

```

```

for colu5=1:Numero_de_Expertos % Recorre las opiniones de los expertos de la importancia de
los criterios
    eval(['RIC_Ex_' num2str(colu5) '=IC_Ex_' num2str(colu5) '/ICA']); % Relación Índice de
consistencia
end

RIC_Ex=[];% Vector para almacenar la Relación Índice de consistencia de cada experto
for colu6=1:Numero_de_Expertos % Recorre las opiniones de los expertos de la importancia de
los criterios
    RIC_Ex=[RIC_Ex, eval(['RIC_Ex_' num2str(colu6)])]; % Se agregan las opiniones de cada
experto
end
Matrices_Considerar=cell(1,Numero_de_Expertos); % Matriz para almacenar las matrices de
criterios de los expertos según la escala de saaty
for colu7=1:Numero_de_Expertos % Recorre las opiniones de los expertos de la importancia de
los criterios
    Matrices_Considerar{colu7} = eval(['Matriz_Criterios_Experto_' num2str(colu7)]);
end
Matriz_Producto_Criterios= ones(Numeros_Criterios,Numeros_Criterios); % Matriz de unos para
iniciar la multiplicación geométrica

for colu8=1:Numero_de_Expertos % Recorre las opiniones de los expertos de la importancia de
los criterios
    if RIC_Ex(colu8) <0.1 % Verificación de valides con una Relación Índice de consistencia
menor al 10%
        Matriz_Producto_Criterios=Matriz_Producto_Criterios.*Matrices_Considerar{colu8};
    end
end

Matriz_Criterios_Consensuada= Matriz_Producto_Criterios .^ (1 / sum(RIC_Ex < 0.1)); % Media
geométrica
Matriz_Criterios_Consensuada_Normalizada=zeros(Numeros_Criterios);
Suma_Columnas_Criterios_Consensuada=sum(Matriz_Criterios_Consensuada); % Cálculo de la suma de
las columnas de la matriz de criterios consensuada

for kk=1:Numeros_Criterios % Recorre Filas
    for ll=1:Numeros_Criterios % Recorre Columnas

Matriz_Criterios_Consensuada_Normalizada(kk,ll)=Matriz_Criterios_Consensuada(kk,ll)/(Suma_Colu
mnas_Criterios_Consensuada(1,ll));
    end
end

Ponderacion_Criterios_Consensuados=mean(Matriz_Criterios_Consensuada_Normalizada,2); %
Ponderación de importancia de los criterios según el consenso de expertos

```

Matriz Comparación de Alternativas

```

%Criterio 1: PCI (Menor valor => mayor Priorización)
Alterantivas_Criterio_1=num2(:,3); % Lectura del valor de las alternativas para el Criterio
N°1
Matriz_Alternativas_Criterio_1=zeros(length(Alterantivas_Criterio_1)); % Matriz de ceros para
registrar la comparación entre las alternativas del Criterio N°1 según la escala de Saaty
Max_Alternativa_Criterio_1=max(Alterantivas_Criterio_1); % Valor máximo de la alternativa para

```

```

el Criterio N°1
Min_Alternativa_Criterio_1=min(Alterantivas_Criterio_1); % Valor mínimo de la alternativa para
el Criterio N°1
Diferencia_Alternativa_Criterio_1=Max_Alternativa_Criterio_1-Min_Alternativa_Criterio_1; %
Diferencia entre máximo y mínimo para el Criterio N°1

for m=1:length(Alterantivas_Criterio_1) % Recorre Filas
    for n=1:length(Alterantivas_Criterio_1) % Recorre Columnas
        if Alterantivas_Criterio_1(m,1) < Alterantivas_Criterio_1(n,1) % Comparación de
criterio menor o igual (valores bajos mayor importancia de alternativa)
            Matriz_Alternativas_Criterio_1(m,n)=round(8*((Alterantivas_Criterio_1(n,1)-
Alterantivas_Criterio_1(m,1))/Diferencia_Alternativa_Criterio_1)+1,0);
        else
            Matriz_Alternativas_Criterio_1(m,n)=1/(round(8*((Alterantivas_Criterio_1(m,1)-
Alterantivas_Criterio_1(n,1))/Diferencia_Alternativa_Criterio_1)+1,0));
        end
    end
end

Matriz_Alternativas_Criterio_1_Normalizada=zeros(length(Alterantivas_Criterio_1));
Suma_Columnas_Matriz_Alternativas_Criterio_1=sum(Matriz_Alternativas_Criterio_1);

for o=1:length(Alterantivas_Criterio_1) % Recorre Filas
    for p=1:length(Alterantivas_Criterio_1) % Recorre Columnas

Matriz_Alternativas_Criterio_1_Normalizada(o,p)=Matriz_Alternativas_Criterio_1(o,p)/(Suma_Colu
mnas_Matriz_Alternativas_Criterio_1(1,p)); % Matriz normalizada del Criterio N°1
    end
end

Promedio_Criterios_1=mean(Matriz_Alternativas_Criterio_1_Normalizada,2); % Vector de
importancia de alternstivas para el Criterio N°1

% Validación Criterio N°1
Lamda_Max_Criterio_1= Suma_Columnas_Matriz_Alternativas_Criterio_1*Promedio_Criterios_1;
IC_Criterio_1=(Lamda_Max_Criterio_1-
length(Alterantivas_Criterio_1))/(length(Alterantivas_Criterio_1)-1); % Índice de consistencia
Criterio N°1
ICA_C1=(1.98*(length(Alterantivas_Criterio_1)-2))/length(Alterantivas_Criterio_1); % Índice de
consistencia aleatoria Criterio N°1
RIC_Criterio_1= IC_Criterio_1/ICA_C1; % Relación Índice de consistencia Criterio N°1

%Criterio 3: Factor de Reducción por Rama (Menor valor => mayor Priorización)
Alterantivas_Criterio_3=num2(:,7); % Lectura del valor de las alternativas para el Criterio
N°3
Matriz_Alternativas_Criterio_3=zeros(length(Alterantivas_Criterio_3)); % Matriz de ceros para
registrar la comparación entre las alternativas del Criterio N°3 según la escala de Saaty
Max_Alternativa_Criterio_3=max(Alterantivas_Criterio_3);% Valor máximo de la alternativa para
el Criterio N°3
Min_Alternativa_Criterio_3=min(Alterantivas_Criterio_3);% Valor mínimo de la alternativa para
el Criterio N°3
Diferencia_Alternativa_Criterio_3=Max_Alternativa_Criterio_3-Min_Alternativa_Criterio_3;%
Diferencia entre máximo y mínimo para el Criterio N°3

for v=1:length(Alterantivas_Criterio_3) % Recorre Filas
    for w=1:length(Alterantivas_Criterio_3) % Recorre Columnas
        if Alterantivas_Criterio_3(v,1) < Alterantivas_Criterio_3(w,1) % Comparación de

```

```

criterio menor o igual (Valores bajos mayor importancia de alternativa)
    Matriz_Alternativas_Criterio_3(v,w)=round(8*((Alterantivas_Criterio_3(w,1)-
Alterantivas_Criterio_3(v,1))/Diferencia_Alternativa_Criterio_3)+1,0);
    else
        Matriz_Alternativas_Criterio_3(v,w)=1/(round(8*((Alterantivas_Criterio_3(v,1)-
Alterantivas_Criterio_3(w,1))/Diferencia_Alternativa_Criterio_3)+1,0));
    end
end
end

Matriz_Alternativas_Criterio_3_Normalizada=zeros(length(Alterantivas_Criterio_3));
Suma_Columnas_Matriz_Alternativas_Criterio_3=sum(Matriz_Alternativas_Criterio_3);

for x=1:length(Alterantivas_Criterio_3) % Recorre Filas
    for y=1:length(Alterantivas_Criterio_3) % Recorre Columnas

Matriz_Alternativas_Criterio_3_Normalizada(x,y)=Matriz_Alternativas_Criterio_3(x,y)/(Suma_Colu
mnas_Matriz_Alternativas_Criterio_3(1,y));% Matriz normalizada del Criterio N°3
    end
end

Promedio_Criterios_3=mean(Matriz_Alternativas_Criterio_3_Normalizada,2); % Vector de
importancia de alternativas para el Criterio N°3

% Validación Criterio N°3
Lamda_Max_Criterio_3= Suma_Columnas_Matriz_Alternativas_Criterio_3*Promedio_Criterios_3;
IC_Criterio_3=(Lamda_Max_Criterio_3-
length(Alterantivas_Criterio_3))/(length(Alterantivas_Criterio_3)-1); % Índice de consistencia
Criterio N°3
ICA_C3=(1.98*(length(Alterantivas_Criterio_3)-2))/length(Alterantivas_Criterio_3); % Índice de
consistencia aleatoria Criterio N°3
RIC_Criterio_3= IC_Criterio_3/ICA_C3; % Relación Índice de consistencia Criterio N°3

%Criterio 4: Factor de Reducción por Sección Característica (Menor valor => mayor
Priorización)
Alterantivas_Criterio_4=num2(:,10); % Lectura del valor de las alternativas para el Criterio
N°4
Matriz_Alternativas_Criterio_4=zeros(length(Alterantivas_Criterio_4)); % Matriz de ceros para
registrar la comparación entre las alternativas del Criterio N°4 según la escala de Saaty
Max_Alternativa_Criterio_4=max(Alterantivas_Criterio_4);% Valor máximo de la alternativa para
el Criterio N°4
Min_Alternativa_Criterio_4=min(Alterantivas_Criterio_4);% Valor mínimo de la alternativa para
el Criterio N°4
Diferencia_Alternativa_Criterio_4=Max_Alternativa_Criterio_4-Min_Alternativa_Criterio_4;%
Diferencia entre máximo y mínimo para el Criterio N°4

for z=1:length(Alterantivas_Criterio_4) % Recorre Filas
    for aa=1:length(Alterantivas_Criterio_4) % Recorre Columnas
        if Alterantivas_Criterio_4(z,1) < Alterantivas_Criterio_4(aa,1) % Comparación de
criterio menor o igual (Valores bajos mayor importancia de alternativa)
            Matriz_Alternativas_Criterio_4(z,aa)=round(8*((Alterantivas_Criterio_4(aa,1)-
Alterantivas_Criterio_4(z,1))/Diferencia_Alternativa_Criterio_4)+1,0);
        else
            Matriz_Alternativas_Criterio_4(z,aa)=1/(round(8*((Alterantivas_Criterio_4(z,1)-
Alterantivas_Criterio_4(aa,1))/Diferencia_Alternativa_Criterio_4)+1,0));
        end
    end
end
end

```

```

end

Matriz_Alternativas_Criterio_4_Normalizada=zeros(length(Alterantivas_Criterio_4));
Suma_Columnas_Matriz_Alternativas_Criterio_4=sum(Matriz_Alternativas_Criterio_4);

for ab=1:length(Alterantivas_Criterio_4) % Recorre Filas
    for ac=1:length(Alterantivas_Criterio_4) % Recorre Columnas

Matriz_Alternativas_Criterio_4_Normalizada(ab,ac)=Matriz_Alternativas_Criterio_4(ab,ac)/(Suma_
Columnas_Matriz_Alternativas_Criterio_4(1,ac));% Matriz normalizada del Criterio N°4
    end
end

Promedio_Criterios_4=mean(Matriz_Alternativas_Criterio_4_Normalizada,2); % Vector de
importancia de alternativas para el Criterio N°4

% Validación Criterio N°4
Lamda_Max_Criterio_4= Suma_Columnas_Matriz_Alternativas_Criterio_4*Promedio_Criterios_4;
IC_Criterio_4=(Lamda_Max_Criterio_4-
length(Alterantivas_Criterio_4))/(length(Alterantivas_Criterio_4)-1); % Índice de consistencia
Criterio N°4
ICA_C4=(1.98*(length(Alterantivas_Criterio_4)-2))/length(Alterantivas_Criterio_4); % Índice de
consistencia aleatoria Criterio N°4
RIC_Criterio_4= IC_Criterio_4/ICA_C4; % Relación Índice de consistencia Criterio N°4

%Criterio 8: Edad del pavimento sin intervención (Mayor valor => Mayor Priorización)

Alterantivas_Criterio_8=num2(:,24); % Lectura del valor de las alternativas para el Criterio
N°8
Matriz_Alternativas_Criterio_8=zeros(length(Alterantivas_Criterio_8));% Matriz de ceros para
registrar la comparación entre las alternativas del Criterio N°8 según la escala de Saaty
Max_Alternativa_Criterio_8=max(Alterantivas_Criterio_8);% Valor máximo de la alternativa para
el Criterio N°8
Min_Alternativa_Criterio_8=min(Alterantivas_Criterio_8);% Valor mínimo de la alternativa para
el Criterio N°8
Diferencia_Alternativa_Criterio_8=Max_Alternativa_Criterio_8-Min_Alternativa_Criterio_8;%
Diferencia entre máximo y mínimo para el Criterio N°8

for nn=1:length(Alterantivas_Criterio_8) % Recorre Filas
    for oo=1:length(Alterantivas_Criterio_8) % Recorre Columnas
        if Alterantivas_Criterio_8(nn,1) >= Alterantivas_Criterio_8(oo,1) % Comparación de
criterio menor o igual (Valores altos mayor importancia de alternativa)
            Matriz_Alternativas_Criterio_8(nn,oo)=round(8*((Alterantivas_Criterio_8(nn,1)-
Alterantivas_Criterio_8(oo,1))/Diferencia_Alternativa_Criterio_8)+1,0);
        else
            Matriz_Alternativas_Criterio_8(nn,oo)=1/(round(8*((Alterantivas_Criterio_8(oo,1)-
Alterantivas_Criterio_8(nn,1))/Diferencia_Alternativa_Criterio_8)+1,0));
        end
    end
end

Matriz_Alternativas_Criterio_8_Normalizada=zeros(length(Alterantivas_Criterio_8));
Suma_Columnas_Matriz_Alternativas_Criterio_8=sum(Matriz_Alternativas_Criterio_8);

for pp=1:length(Alterantivas_Criterio_8) % Recorre Filas
    for qq=1:length(Alterantivas_Criterio_8) % Recorre Columnas

```

```

Matriz_Alternativas_Criterio_8_Normalizada(pp,qq)=Matriz_Alternativas_Criterio_8(pp,qq)/(Suma_
Columnas_Matriz_Alternativas_Criterio_8(1,qq));
    end
end

Promedio_Criterios_8=mean(Matriz_Alternativas_Criterio_8_Normalizada,2); % Vector de
importancia de alternativas para el Criterio N°8

% Validación Criterio N°8
Lamda_Max_Criterio_8= Suma_Columnas_Matriz_Alternativas_Criterio_8*Promedio_Criterios_8;
IC_Criterio_8=(Lamda_Max_Criterio_8-
length(Alterantivas_Criterio_8))/(length(Alterantivas_Criterio_8)-1); % Índice de consistencia
Criterio N°8
ICA_C8=(1.98*(length(Alterantivas_Criterio_8)-2))/length(Alterantivas_Criterio_8); % Índice de
consistencia aleatoria Criterio N°8
RIC_Criterio_8= IC_Criterio_8/ICA_C8; % Relación Índice de consistencia Criterio N°8

```

Priorización

```

Matriz_Promedio_Criterios=[Promedio_Criterios_1, Promedio_Criterios_3, Promedio_Criterios_4,
Promedio_Criterios_8];
Vectro_Priorizacion=Matriz_Promedio_Criterios*Ponderacion_Criterios_Consensuados;

Aeropuerto_Aerodromo=raw2(:,1);
Aeropuerto_Aerodromo(1)=[];
Seccion_Caracteristica=raw2(:,2);
Seccion_Caracteristica(1)=[];

Priorizacion= table(Aeropuerto_Aerodromo, Seccion_Caracteristica, Vectro_Priorizacion);
Priorizacion_ordenada=sortrows(Priorizacion,3,"descend");

```

11.3 Anexo C: Calculo de las Diferencias de Posición de los Rankings

Para calcular las diferencias de posición entre metodologías se utilizaron los rangos asignados a cada sección por cada metodología aplicada. La diferencia de posición se calcula con la Ecuación 4.

$$\Delta_{Pos} = Posición_{Mi} - Posición_{Mj} \quad (4)$$

Donde:

Δ_{Pos} : Diferencia de posición entre la metodología i con respecto a la metodología j.

$Posición_{Mi}$: Posición de la sección característica en la metodología i.

$Posición_{Mj}$: Posición de la sección característica en la metodología j.

Si el $\Delta_{Pos} = 0$ indica que la sección comparte la misma posición en ambas metodologías; si el $\Delta_{Pos} > 0$ significa que la sección es más importante en el ranking generado por la metodología i; y $\Delta_{Pos} < 0$ indica que el criterio es más importante para la metodología j.

En las siguientes Tablas 29 a la 32 se aprecia la diferencia de Metodología DAP - Metodología AHP Local, Metodología DAP – Metodología AHP Red, Metodología AHP Local – Metodología AHP Red y Metodología DAP – Metodología AHP Red a nivel total de las secciones que componen la red primaria aeroportuaria nacional.

Tabla 29 Diferencia de posición Metodología DAP - Metodología AHP Local.

Sección Característica	Metodología DAP - Metodología AHP Local
PI-1	0
PI-2	0
PL-I	0
RB-1	0
UO30-1	0
UO30-2	0
UP12-1	0
MG-B	-1
MG-C	-1
PL-HELI	-1
PL-SSEI	-1
PL-B	1
ZPCH-12	1
ZPCH-30	1
RA-1	-2
RA-2	-2
MPL-1	2
MPL-2	2
PL-F	2
RC-1	2
PL-CLA	-3
PL-E	-3
PL-J	-3
PL-CAR	-4
UP12-2	-4
CSSEI	4
R-CAR	5
RD	5

Tabla 30 Diferencia de posición Metodología DAP – Metodología AHP Red.

Sección Característica	Metodología DAP - Metodología AHP Red
MPL-1	0
MPL-2	0
PI-2	0
PL-CLA	0
PL-SSEI	0
UO30-1	0
UO30-2	0
UP12-1	0
MG-B	-1
MG-C	-1
PL-B	1
PL-E	-1
PL-I	1
PL-J	-1
RA-1	-1
RA-2	-1
RB-1	1
RC-1	1
PI-1	2
UP12-2	-2
PL-F	3
PL-HELI	-4
PL-CAR	-5
RD	5
ZPCH-12	-5
ZPCH-30	-5
CSSEI	6
R-CAR	7

Tabla 31 Diferencia de posición Metodología AHP Local – Metodología AHP Red.

Sección Característica	Metodología AHP Local – Metodología AHP Red
MG-B	0
MG-C	0
PI-2	0
PL-B	0
RD	0
UO30-1	0
UO30-2	0
UP12-1	0
PL-CAR	-1
PL-F	1
PL-I	1
PL-SSEI	1
RA-1	1
RA-2	1
RB-1	1
RC-1	-1
CSSEI	2
MPL-1	-2
MPL-2	-2
PI-1	2
PL-E	2
PL-J	2
R-CAR	2
UP12-2	2
PL-CLA	3
PL-HELI	-3
ZPCH-12	-6
ZPCH-30	-6

Tabla 32 Diferencia de posición Metodología DAP – Metodología AHP Red (Nivel Total de Red).

Sección Característica	Metodología DAP – Metodología AHP Red (Nivel Total de Red)
MPL-1	-18
MPL-2	-18
RD	-18
PL-F	-20
RA-1	-24
RA-2	-24
PL-SSEI	-25
MG-B	-27
MG-C	-27
PI-1	-30
PL-CLA	-31
PL-HELI	-37
RC-1	-45
PL-B	-56
PL-I	-56
CSSEI	58
RB-1	-67
R-CAR	105
UP12-2	-137
PI-2	-146
UP12-1	-153
UO30-1	-155
UO30-2	-155
PL-CAR	-200
PL-E	-254
PL-J	-269
ZPCH-30	-302
ZPCH-12	-316

11.4 Anexo D: Código de Python Primer Escenario (Red primaria)

```
import re
import os
import numpy as np
import pandas as pd

# ----- utilidades de impresión -----
pd.set_option("display.max_columns", None)
pd.set_option("display.width", 2000)

def show(name, x, n=6):
    print(f"\n=== {name} ===")
    if isinstance(x, pd.DataFrame):
        print(f"shape={x.shape}")
        print(x.head(n).to_string(index=False))
    elif isinstance(x, pd.Series):
        print(f"shape={x.shape}, dtype={x.dtype}")
        print(x.head(n).to_string())
    elif isinstance(x, np.ndarray):
        print(f"ndim={x.ndim}, shape={x.shape}, dtype={x.dtype}")
        if x.ndim == 2:
            r = min(n, x.shape[0]); c = min(8, x.shape[1])
            print(x[:r, :c])
            if x.shape[1] > 8:
                print("\n[últimas columnas]")
                print(x[:r, -8:])
        else:
            print(x[:min(12, x.size)])
    else:
        print(repr(x))

# ----- helpers de carga -----
def _pick_sheet(xlsx_path: str, candidates):
    xls = pd.ExcelFile(xlsx_path)
    names = xls.sheet_names
    # exacto
    for c in candidates:
        if c in names: return c
    # insensitive
    lower = {n.lower(): n for n in names}
    for c in candidates:
        if c.lower() in lower: return lower[c.lower()]
    # contiene
    for n in names:
        for c in candidates:
            if c.lower() in n.lower(): return n
    return None
```

```

def _as_bool_series(col: pd.Series) -> pd.Series:
    truthy = {"si", "sí", "true", "t", "1", 1, True, "x", "y", "yes"}
    falsey = {"no", "false", "f", "0", 0, False, "", None, np.nan}
    def to_b(v):
        if isinstance(v, str):
            v2 = v.strip().lower()
            if v2 in truthy: return True
            if v2 in falsey: return False
        if pd.isna(v): return False
        if isinstance(v, (int, float)): return bool(v)
        return False
    return col.map(to_b)

def _score_header_row(df_raw, r, lookahead=8):
    row_vals = df_raw.iloc[r].astype(str).strip().tolist()
    text = " ".join(row_vals).lower()
    exp_hits = sum(1 for v in row_vals if re.search(r"^exp", str(v).strip(), flags=re.I))
    experto_hits = sum(1 for v in row_vals if re.search(r"experto", str(v), flags=re.I))
    criterio_hits = 1 if re.search(r"criter", text, flags=re.I) else 0
    name_score = 3*exp_hits + 2*experto_hits + criterio_hits
    below = df_raw.iloc[r+1:r+1+lookahead]
    numeric_ratio = below.apply(lambda col: pd.to_numeric(col, errors="coerce").notna().mean(), axis=0)
    numeric_cols_below = (numeric_ratio > 0.5).sum()
    return name_score + numeric_cols_below

def _pick_header_row(df_raw, max_check_rows=15):
    R = min(max_check_rows, df_raw.shape[0])
    scores = [(r, _score_header_row(df_raw, r)) for r in range(R)]
    scores.sort(key=lambda x: x[1], reverse=True)
    return scores[0][0] # mejor fila candidata

def load_num1_from_criterios(
    path_xlsx: str,
    sheet_candidates=("Criterios", "Criterios AHP", "Criterios_AHP", "Criterio", "AHP"),
    include_col_candidates=("Incluir", "Include", "Filtro", "Filtrar", "Considerar", "Activo", "Usar"),
    force_header_row: int | None = None,
):
    hoja = _pick_sheet(path_xlsx, sheet_candidates)
    if hoja is None: raise ValueError("No se encontró una hoja tipo 'Criterios'.")
    df_raw = pd.read_excel(path_xlsx, sheet_name=hoja, header=None)

    hdr = force_header_row if force_header_row is not None else _pick_header_row(df_raw)
    header_vals = df_raw.iloc[hdr].astype(str).strip().tolist()
    df = df_raw.iloc[hdr+1:].copy()
    df.columns = [c if c not in (None, "", "nan") else f"col_{i}" for i, c in enumerate(header_vals)]
    df.columns = [str(c).strip() for c in df.columns]

```

```

df = df.reset_index(drop=True) # IMPORTANTE: alinear índices

# columna de etiquetas (texto o que contenga 'criter')
label_col = None
for c in df.columns:
    s = df[c]; num_ratio = pd.to_numeric(s, errors="coerce").notna().mean()
    if s.dtype == object and num_ratio < 0.3:
        label_col = c; break
for c in df.columns:
    if re.search(r"criter", str(c), flags=re.I): label_col = c; break

# máscara de inclusión (opcional)
mask = pd.Series(True, index=df.index)
include_col = None
for cand in include_col_candidates:
    for c in df.columns:
        if re.search(cand, str(c), flags=re.I):
            include_col = c
            mask = _as_bool_series(df[c]).reindex(df.index, fill_value=False)
            break
    if include_col: break

# columnas de expertos
expert_cols = [c for c in df.columns if re.search(r"^(exp|experto)", str(c).strip(), flags=re.I)]
expert_cols = [c for c in expert_cols if c != label_col and (include_col is None or c != include_col)]
if not expert_cols:
    tmp = []
    for c in df.columns:
        if c == label_col or (include_col and c == include_col): continue
        s = pd.to_numeric(df[c], errors="coerce")
        if s.notna().mean() >= 0.7:
            tmp.append(c)
    expert_cols = [c for c in df.columns if c in tmp]

df_num = df.loc[mask, expert_cols].apply(pd.to_numeric, errors="coerce")
num1 = df_num.to_numpy(dtype=float)

meta = {
    "sheet_used": hoja,
    "header_row": hdr,
    "label_col": label_col,
    "include_col": include_col,
    "expert_columns": expert_cols,
    "rows_used": int(mask.sum()),
    "rows_total": int(len(df)),
    "cols_total": int(len(df.columns)),
}
return num1, df_raw, df, meta

```

```

def load_num2_from_datos(
    path_xlsx: str,
    sheet_candidates=("Datos", "Datos_A", "DatosA", "Data", "Hoja2", "Sheet2"),
):

    hoja = _pick_sheet(path_xlsx, sheet_candidates)
    if hoja is None:
        raise ValueError("No se encontró hoja de datos (busqué 'Datos', 'Datos_A', etc.).")
    raw_df = pd.read_excel(path_xlsx, sheet_name=hoja, header=None)
    num_df = raw_df.apply(pd.to_numeric, errors="coerce")
    num_df = num_df.dropna(axis=1, how="all").dropna(axis=0, how="all")
    num2 = num_df.to_numpy(dtype=float)
    return num2, raw_df, {"sheet_used": hoja}

# ----- AHP (criterios y alternativas) -----
def _saaty_round_ratio(a, b, diff, higher_is_better=True):

    if diff == 0 or np.isclose(diff, 0.0, equal_nan=True):
        return 1.0
    if higher_is_better:
        if a >= b:
            s = int(np.round(8.0*((a-b)/diff) + 1.0))
            s = max(1, min(9, s))
            return float(s)
        else:
            s = int(np.round(8.0*((b-a)/diff) + 1.0))
            s = max(1, min(9, s))
            return 1.0/float(s)
    else:
        if a < b:
            s = int(np.round(8.0*((b-a)/diff) + 1.0))
            s = max(1, min(9, s))
            return float(s)
        else:
            s = int(np.round(8.0*((a-b)/diff) + 1.0))
            s = max(1, min(9, s))
            return 1.0/float(s)

def pairwise_from_vector(vec: np.ndarray, higher_is_better=True) -> np.ndarray:
    """Construye la matriz NxN de comparaciones por Saaty desde un vector."""
    v = np.asarray(vec, dtype=float).reshape(-1)
    if np.isnan(v).any():
        mean_v = np.nanmean(v) if not np.isnan(np.nanmean(v)) else 0.0
        v = np.where(np.isnan(v), mean_v, v)
    n = v.shape[0]
    M = np.zeros((n, n), dtype=float)
    diff = float(np.nanmax(v) - np.nanmin(v))

```

```

for i in range(n):
    for j in range(n):
        M[i, j] = _saaty_round_ratio(v[i], v[j], diff, higher_is_better=higher_is_better)
np.fill_diagonal(M, 1.0)
return M

def normalize_by_column(M: np.ndarray) -> np.ndarray:
    col_sums = M.sum(axis=0, keepdims=True)
    col_sums[col_sums == 0] = 1.0
    return M / col_sums

def weights_from_normalized(M_norm: np.ndarray) -> np.ndarray:
    return M_norm.mean(axis=1)

def consistency_IC(M: np.ndarray, w: np.ndarray) -> tuple[float, float, float]:
    """Calcula  $\lambda_{max}$ , IC y RIC (con tabla RI hasta 15)."""
    n = M.shape[0]
    col_sums = M.sum(axis=0)
    lamda_max = float(np.dot(col_sums, w))
    IC = (lamda_max - n) / (n - 1) if n > 1 else 0.0
    RI_table = {1:0.00,2:0.00,3:0.58,4:0.90,5:1.12,6:1.24,7:1.32,8:1.41,9:1.45,10:1.49,
                11:1.51,12:1.48,13:1.56,14:1.57,15:1.59}
    RI = RI_table.get(n, 1.59)
    RIC = (IC / RI) if RI > 0 else 0.0
    return lamda_max, IC, RIC

def geometric_consensus(matrices: list[np.ndarray], RICs: np.ndarray, thr: float = 0.1) -> np.ndarray:
    """
    Producto geométrico de matrices con RIC < thr; si ninguna pasa, usa todas (evita división por 0).
    """
    n = matrices[0].shape[0]
    sel = [matrices[i] for i in range(len(matrices)) if RICs[i] < thr]
    if len(sel) == 0:
        sel = matrices[:]
    prod = np.ones((n, n), dtype=float)
    for M in sel:
        prod *= M
    return prod ** (1.0 / len(sel))

# ----- PROGRAMA PRINCIPAL -----
def main():
    # Ruta del Excel (ajústala si tu archivo se llama distinto)
    path_xlsx = "Datos_Aeropuertos_V3.xlsx"
    if not os.path.exists(path_xlsx):
        raise FileNotFoundError(f"No se encontró {path_xlsx} en la carpeta actual: {os.getcwd()}")

    # 1) Cargar hojas (equivalente a xlsread)
    num1, rawC, dfC, metaC = load_num1 from criterios(path_xlsx)

```

```

num2, raw2, meta2 = load_num2_from_datos(path_xlsx)

show("metaC (criterios)", pd.Series(metaC))
show("num1 (criterios: N x E)", np.array(num1.shape))
show("meta2 (datos)", pd.Series(meta2))
show("num2 (preview)", pd.DataFrame(num2).head())

# 2) AHP de criterios (por experto + consenso)
Numeros_Criterios, Numero_de_Expertos = num1.shape
Criterio_Max = np.nanmax(num1, axis=0)
Criterio_Min = np.nanmin(num1, axis=0)
Diferencia_Criterios = Criterio_Max - Criterio_Min

matrices_expertos = []
ponderaciones_expertos = []
RIC_expertos = []

for ex in range(Numero_de_Expertos):
    # En criterios: "mayor valor => mayor importancia del criterio"
    M = pairwise_from_vector(num1[:, ex], higher_is_better=True)
    M_norm = normalize_by_column(M)
    w = weights_from_normalized(M_norm)
    lam, IC, RIC = consistency_IC(M, w)

    matrices_expertos.append(M)
    ponderaciones_expertos.append(w)
    RIC_expertos.append(RIC)

ponderaciones_expertos = np.column_stack(ponderaciones_expertos) # N x E
RIC_expertos = np.asarray(RIC_expertos)

# Consenso (producto geométrico matrices con RIC<0.1; fallback: usar todas si ninguna pasa)
M_consenso = geometric_consensus(matrices_expertos, RIC_expertos, thr=0.1)
M_consenso_norm = normalize_by_column(M_consenso)
Ponderacion_Criterios_Consensuados = weights_from_normalized(M_consenso_norm) # (N,)

show("RIC por experto", pd.Series(RIC_expertos))
show("Ponderaciones por experto (N x E)", pd.DataFrame(ponderaciones_expertos))
show("Ponderación consensuada (Nx1)", Ponderacion_Criterios_Consensuados)

# 3) AHP de alternativas por criterio (C1..C8)
def collb(a): # 1-based -> 0-based
    return a-1

# C1: num2(:,3) (menor => mejor)
Alt_C1 = num2[:, collb(3)]
M_C1 = pairwise_from_vector(Alt_C1, higher_is_better=False)
Prom_C1 = weights_from_normalized(normalize_by_column(M_C1))

```

```

lam1, IC1, RIC1 = consistency_IC(M_C1, Prom_C1)

# C2: num2(:,4) (menor => mejor)
Alt_C2 = num2[:, col1b(4)]
M_C2 = pairwise_from_vector(Alt_C2, higher_is_better=False)
Prom_C2 = weights_from_normalized(normalize_by_column(M_C2))
lam2, IC2, RIC2 = consistency_IC(M_C2, Prom_C2)

# C3: num2(:,5) (menor => mejor)
Alt_C3 = num2[:, col1b(5)]
M_C3 = pairwise_from_vector(Alt_C3, higher_is_better=False)
Prom_C3 = weights_from_normalized(normalize_by_column(M_C3))
lam3, IC3, RIC3 = consistency_IC(M_C3, Prom_C3)

# C4: num2(:,6) (menor => mejor)
Alt_C4 = num2[:, col1b(6)]
M_C4 = pairwise_from_vector(Alt_C4, higher_is_better=False)
Prom_C4 = weights_from_normalized(normalize_by_column(M_C4))
lam4, IC4, RIC4 = consistency_IC(M_C4, Prom_C4)

# C5: num2(:,7:15) (mayor => mejor) -> por experto + consenso
Alt_C5 = num2[:, col1b(7):col1b(15)+1]
M_C5_expert = []
Prom_C5_expert = []
RIC_C5_expert = []
for e in range(Alt_C5.shape[1]):
    vec = Alt_C5[:, e]
    M = pairwise_from_vector(vec, higher_is_better=True)
    w = weights_from_normalized(normalize_by_column(M))
    lam, IC, RIC = consistency_IC(M, w)
    M_C5_expert.append(M)
    Prom_C5_expert.append(w)
    RIC_C5_expert.append(RIC)
RIC_C5_expert = np.asarray(RIC_C5_expert)

M_C5_consenso = geometric_consensus(M_C5_expert, RIC_C5_expert, thr=0.1)
Prom_C5 = weights_from_normalized(normalize_by_column(M_C5_consenso))

# C6: num2(:,16) (mayor => mejor)
Alt_C6 = num2[:, col1b(16)]
M_C6 = pairwise_from_vector(Alt_C6, higher_is_better=True)
Prom_C6 = weights_from_normalized(normalize_by_column(M_C6))
lam6, IC6, RIC6 = consistency_IC(M_C6, Prom_C6)

# C7: num2(:,17) (mayor => mejor)
Alt_C7 = num2[:, col1b(17)]
M_C7 = pairwise_from_vector(Alt_C7, higher_is_better=True)
Prom_C7 = weights_from_normalized(normalize_by_column(M_C7))

```

```

lam7, IC7, RIC7 = consistency_IC(M_C7, Prom_C7)

# C8: num2(:,20) (mayor => mejor)
Alt_C8 = num2[:, col1b(20)]
M_C8 = pairwise_from_vector(Alt_C8, higher_is_better=True)
Prom_C8 = weights_from_normalized(normalize_by_column(M_C8))
lam8, IC8, RIC8 = consistency_IC(M_C8, Prom_C8)

# 4) Priorización final
Matriz_Promedio_Criterios = np.column_stack([
    Prom_C1, Prom_C2, Prom_C3, Prom_C4, Prom_C5, Prom_C6, Prom_C7, Prom_C8
]) # (Alternativas x 8)

Vectro_Priorizacion = Matriz_Promedio_Criterios @ Ponderacion_Criterios_Consensuados # (Alternativas,)

# 5) Tabla de salida (usa raw2 para nombres/sección; quita la 1ra fila tipo encabezado)
Aeropuerto_Aerodromo = raw2.iloc[1:, 0].tolist()
Seccion_Caracteristica = raw2.iloc[1:, 1].tolist()
L = len(Vectro_Priorizacion)
Aeropuerto_Aerodromo = Aeropuerto_Aerodromo[:L]
Seccion_Caracteristica = Seccion_Caracteristica[:L]

Priorizacion = pd.DataFrame({
    "Aeropuerto_Aerodromo": Aeropuerto_Aerodromo,
    "Seccion_Caracteristica": Seccion_Caracteristica,
    "Vectro_Priorizacion": Vectro_Priorizacion
})

Priorizacion_ordenada = Priorizacion.sort_values(
    "Vectro_Priorizacion", ascending=False, kind="mergesort"
).reset_index(drop=True)

# 6) Mostrar resultados principales
show("Matriz_Promedio_Criterios (alternativas x 8)", pd.DataFrame(Matriz_Promedio_Criterios))
show("Ponderacion_Criterios_Consensuados (Nx1)", Ponderacion_Criterios_Consensuados)
show("Priorizacion (preview)", Priorizacion.head(12))
show("Priorizacion_ordenada (TOP 12)", Priorizacion_ordenada.head(12))

# (Opcional) Guardar a Excel
try:
    salida_xlsx = "salida_priorizacion.xlsx"
    with pd.ExcelWriter(salida_xlsx, engine="openpyxl") as wb:
        pd.DataFrame(num1).to_excel(wb, sheet_name="num1_criterios", index=False, header=False)
        pd.DataFrame(num2).to_excel(wb, sheet_name="num2_datos", index=False, header=False)
        pd.DataFrame(ponderaciones_expertos).to_excel(wb, sheet_name="ponderaciones_expertos",
index=False, header=False)
        pd.DataFrame(Ponderacion_Criterios_Consensuados, columns=["peso"]).to_excel(wb,
sheet_name="pesos consenso", index=False)

```

```

        pd.DataFrame(Matriz_Promedio_Criterios, columns=[f"C{i}" for i in range(1,9)]).to_excel(wb,
sheet_name="matriz_prom_criterios", index=False)
        Priorizacion.to_excel(wb, sheet_name="priorizacion", index=False)
        Priorizacion_ordenada.to_excel(wb, sheet_name="priorizacion_ordenada", index=False)
        print(f"\nArchivo guardado: {salida_xlsx}")
    except Exception as e:
        print("\n[AVISO] No se pudo escribir Excel de salida (openpyxl no instalado o carpeta sin permisos).")
        print("Detalle:", e)

if __name__ == "__main__":
    main()

```

11.5 Anexo E: Código de Python Segundo Escenario (Aeródromo o Aeropuerto Especifico)

```

import re
import os
import numpy as np
import pandas as pd

# ----- utilidades de impresión -----
pd.set_option("display.max_columns", None)
pd.set_option("display.width", 2000)

def show(name, x, n=6):
    print(f"\n=== {name} ===")
    if isinstance(x, pd.DataFrame):
        print(f"shape={x.shape}")
        print(x.head(n).to_string(index=False))
    elif isinstance(x, pd.Series):
        print(f"shape={x.shape}, dtype={x.dtype}")
        print(x.head(n).to_string())
    elif isinstance(x, np.ndarray):
        print(f"ndim={x.ndim}, shape={x.shape}, dtype={x.dtype}")
        if x.ndim == 2:
            r = min(n, x.shape[0]); c = min(8, x.shape[1])
            print(x[:r, :c])
            if x.shape[1] > 8:
                print("\n[últimas columnas]")
                print(x[:r, -8:])
        else:
            print(x[:min(12, x.size)])
    else:
        print(repr(x))

# ----- helpers de carga -----
def _pick_sheet(xlsx_path: str, candidates):
    xls = pd.ExcelFile(xlsx_path)
    names = xls.sheet_names

```

```

# exacto
for c in candidates:
    if c in names: return c
# insensitive
lower = {n.lower(): n for n in names}
for c in candidates:
    if c.lower() in lower: return lower[c.lower()]
# contiene
for n in names:
    for c in candidates:
        if c.lower() in n.lower(): return n
return None

def _as_bool_series(col: pd.Series) -> pd.Series:
    truthy = {"si", "sí", "true", "t", "1", 1, True, "x", "y", "yes"}
    falsey = {"no", "false", "f", "0", 0, False, "", None, np.nan}
    def to_b(v):
        if isinstance(v, str):
            v2 = v.strip().lower()
            if v2 in truthy: return True
            if v2 in falsey: return False
        if pd.isna(v): return False
        if isinstance(v, (int, float)): return bool(v)
        return False
    return col.map(to_b)

def _score_header_row(df_raw, r, lookahead=8):
    row_vals = df_raw.iloc[r].astype(str).strip().tolist()
    text = " ".join(row_vals).lower()
    exp_hits = sum(1 for v in row_vals if re.search(r"^exp", str(v).strip(), flags=re.I))
    experto_hits = sum(1 for v in row_vals if re.search(r"experto", str(v), flags=re.I))
    criterio_hits = 1 if re.search(r"criter", text, flags=re.I) else 0
    name_score = 3*exp_hits + 2*experto_hits + criterio_hits
    below = df_raw.iloc[r+1:r+1+lookahead]
    numeric_ratio = below.apply(lambda col: pd.to_numeric(col, errors="coerce").notna().mean(), axis=0)
    numeric_cols_below = (numeric_ratio > 0.5).sum()
    return name_score + numeric_cols_below

def _pick_header_row(df_raw, max_check_rows=15):
    R = min(max_check_rows, df_raw.shape[0])
    scores = [(r, _score_header_row(df_raw, r)) for r in range(R)]
    scores.sort(key=lambda x: x[1], reverse=True)
    return scores[0][0] # mejor fila candidata

def load_num1_from_criterios(
    path_xlsx: str,
    sheet_candidates=("Criterios_A",), # <= FORZADO A Criterios_A
    include_col_candidates=("Incluir", "Include", "Filtro", "Filtrar", "Considerar", "Activo", "Usar"),

```

```

force_header_row: int | None = None,
):

hoja = _pick_sheet(path_xlsx, sheet_candidates)
if hoja is None: raise ValueError("No se encontró la hoja 'Criterios_A'.")
df_raw = pd.read_excel(path_xlsx, sheet_name=hoja, header=None)

hdr = force_header_row if force_header_row is not None else _pick_header_row(df_raw)
header_vals = df_raw.iloc[hdr].astype(str).strip().tolist()
df = df_raw.iloc[hdr+1:].copy()
df.columns = [c if c not in (None, "", "nan") else f"col_{i}" for i, c in enumerate(header_vals)]
df.columns = [str(c).strip() for c in df.columns]
df = df.reset_index(drop=True) # IMPORTANTE: alinear índices

# columna de etiquetas (texto o que contenga 'criter')
label_col = None
for c in df.columns:
    s = df[c]; num_ratio = pd.to_numeric(s, errors="coerce").notna().mean()
    if s.dtype == object and num_ratio < 0.3:
        label_col = c; break
for c in df.columns:
    if re.search(r"criter", str(c), flags=re.I): label_col = c; break

# máscara de inclusión (opcional)
mask = pd.Series(True, index=df.index)
include_col = None
for cand in include_col_candidates:
    for c in df.columns:
        if re.search(cand, str(c), flags=re.I):
            include_col = c
            mask = _as_bool_series(df[c]).reindex(df.index, fill_value=False)
            break
    if include_col: break

# columnas de expertos
expert_cols = [c for c in df.columns if re.search(r"^(exp|experto)", str(c).strip(), flags=re.I)]
expert_cols = [c for c in expert_cols if c != label_col and (include_col is None or c != include_col)]
if not expert_cols:
    tmp = []
    for c in df.columns:
        if c == label_col or (include_col and c == include_col): continue
        s = pd.to_numeric(df[c], errors="coerce")
        if s.notna().mean() >= 0.7:
            tmp.append(c)
    expert_cols = [c for c in df.columns if c in tmp]

df_num = df.loc[mask, expert_cols].apply(pd.to_numeric, errors="coerce")
numl = df_num.to_numpy(dtype=float)

```

```

meta = {
    "sheet_used": hoja,
    "header_row": hdr,
    "label_col": label_col,
    "include_col": include_col,
    "expert_columns": expert_cols,
    "rows_used": int(mask.sum()),
    "rows_total": int(len(df)),
    "cols_total": int(len(df.columns)),
}
return num1, df_raw, df, meta

def load_num2_from_datos(
    path_xlsx: str,
    sheet_candidates=("Datos_A",), # <= FORZADO A Datos_A
):

    hoja = _pick_sheet(path_xlsx, sheet_candidates)
    if hoja is None:
        raise ValueError("No se encontró la hoja 'Datos_A'.")
    raw_df = pd.read_excel(path_xlsx, sheet_name=hoja, header=None)
    num_df = raw_df.apply(pd.to_numeric, errors="coerce")
    num_df = num_df.dropna(axis=1, how="all").dropna(axis=0, how="all")
    num2 = num_df.to_numpy(dtype=float)
    return num2, raw_df, {"sheet_used": hoja}

# ----- AHP (criterios y alternativas) -----
def _saaty_round_ratio(a, b, diff, higher_is_better=True):

    if diff == 0 or np.isclose(diff, 0.0, equal_nan=True):
        return 1.0
    if higher_is_better:
        if a >= b:
            s = int(np.round(8.0*((a-b)/diff) + 1.0))
            s = max(1, min(9, s))
            return float(s)
        else:
            s = int(np.round(8.0*((b-a)/diff) + 1.0))
            s = max(1, min(9, s))
            return 1.0/float(s)
    else:
        if a < b:
            s = int(np.round(8.0*((b-a)/diff) + 1.0))
            s = max(1, min(9, s))
            return float(s)
        else:
            s = int(np.round(8.0*((a-b)/diff) + 1.0))

```

```

        s = max(1, min(9, s))
        return 1.0/float(s)

def pairwise_from_vector(vec: np.ndarray, higher_is_better=True) -> np.ndarray:
    """Construye la matriz NxN de comparaciones por Saaty desde un vector."""
    v = np.asarray(vec, dtype=float).reshape(-1)
    if np.isnan(v).any():
        mean_v = np.nanmean(v) if not np.isnan(np.nanmean(v)) else 0.0
        v = np.where(np.isnan(v), mean_v, v)
    n = v.shape[0]
    M = np.zeros((n, n), dtype=float)
    diff = float(np.nanmax(v) - np.nanmin(v))
    for i in range(n):
        for j in range(n):
            M[i, j] = _saaty_round_ratio(v[i], v[j], diff, higher_is_better=higher_is_better)
    np.fill_diagonal(M, 1.0)
    return M

def normalize_by_column(M: np.ndarray) -> np.ndarray:
    col_sums = M.sum(axis=0, keepdims=True)
    col_sums[col_sums == 0] = 1.0
    return M / col_sums

def weights_from_normalized(M_norm: np.ndarray) -> np.ndarray:
    return M_norm.mean(axis=1)

def consistency_IC(M: np.ndarray, w: np.ndarray) -> tuple[float, float, float]:
    """Calcula  $\lambda_{max}$ , IC y RIC (con tabla RI hasta 15)."""
    n = M.shape[0]
    col_sums = M.sum(axis=0)
    lamda_max = float(np.dot(col_sums, w))
    IC = (lamda_max - n) / (n - 1) if n > 1 else 0.0
    RI_table = {1:0.00,2:0.00,3:0.58,4:0.90,5:1.12,6:1.24,7:1.32,8:1.41,9:1.45,10:1.49,
                11:1.51,12:1.48,13:1.56,14:1.57,15:1.59}
    RI = RI_table.get(n, 1.59)
    RIC = (IC / RI) if RI > 0 else 0.0
    return lamda_max, IC, RIC

def geometric_consensus(matrices: list[np.ndarray], RICs: np.ndarray, thr: float = 0.1) -> np.ndarray:
    """
    Producto geométrico de matrices con RIC < thr; si ninguna pasa, usa todas (evita división por 0).
    """
    n = matrices[0].shape[0]
    sel = [matrices[i] for i in range(len(matrices)) if RICs[i] < thr]
    if len(sel) == 0:
        sel = matrices[:]
    prod = np.ones((n, n), dtype=float)
    for M in sel:

```

```

    prod *= M
    return prod ** (1.0 / len(sel))

# ----- PROGRAMA PRINCIPAL -----
def main():
    # Ruta del Excel (ajústala si tu archivo se llama distinto)
    path_xlsx = "Datos_Aeropuertos_V3.xlsx"
    if not os.path.exists(path_xlsx):
        raise FileNotFoundError(f"No se encontró {path_xlsx} en la carpeta actual: {os.getcwd()}")

    # 1) Cargar hojas (equivalente a xlsread) -> ahora usa Criterios_A y Datos_A
    num1, rawC, dfC, metaC = load_num1_from_criterios(path_xlsx)
    num2, raw2, meta2 = load_num2_from_datos(path_xlsx)

    show("metaC (criterios)", pd.Series(metaC))
    show("num1 (criterios: N x E)", np.array(num1.shape))
    show("meta2 (datos)", pd.Series(meta2))
    show("num2 (preview)", pd.DataFrame(num2).head())

    # 2) AHP de criterios (por experto + consenso)
    Numeros_Criterios, Numero_de_Expertos = num1.shape
    Criterio_Max = np.nanmax(num1, axis=0)
    Criterio_Min = np.nanmin(num1, axis=0)
    Diferencia_Criterios = Criterio_Max - Criterio_Min

    matrices_expertos = []
    ponderaciones_expertos = []
    RIC_expertos = []

    for ex in range(Numero_de_Expertos):
        # En criterios: "mayor valor => mayor importancia del criterio"
        M = pairwise_from_vector(num1[:, ex], higher_is_better=True)
        M_norm = normalize_by_column(M)
        w = weights_from_normalized(M_norm)
        lam, IC, RIC = consistency_IC(M, w)

        matrices_expertos.append(M)
        ponderaciones_expertos.append(w)
        RIC_expertos.append(RIC)

    ponderaciones_expertos = np.column_stack(ponderaciones_expertos) # N x E
    RIC_expertos = np.asarray(RIC_expertos)

    # Consenso (producto geométrico matrices con RIC<0.1; fallback: usar todas si ninguna pasa)
    M_consenso = geometric_consensus(matrices_expertos, RIC_expertos, thr=0.1)
    M_consenso_norm = normalize_by_column(M_consenso)
    Ponderacion_Criterios_Consensuados = weights_from_normalized(M_consenso_norm) # (N,)

```

```

show("RIC por experto", pd.Series(RIC_expertos))
show("Ponderaciones por experto (N x E)", pd.DataFrame(ponderaciones_expertos))
show("Ponderación consensuada (Nx1)", Ponderacion_Criterios_Consensuados)

# 3) AHP de alternativas por criterio (C1..C8)
def col1b(a): # 1-based -> 0-based
    return a-1

# C1: num2(:,3) (menor => mejor)
Alt_C1 = num2[:, col1b(3)]
M_C1 = pairwise_from_vector(Alt_C1, higher_is_better=False)
Prom_C1 = weights_from_normalized(normalize_by_column(M_C1))
lam1, IC1, RIC1 = consistency_IC(M_C1, Prom_C1)

# C3: num2(:,5) (menor => mejor)
Alt_C3 = num2[:, col1b(5)]
M_C3 = pairwise_from_vector(Alt_C3, higher_is_better=False)
Prom_C3 = weights_from_normalized(normalize_by_column(M_C3))
lam3, IC3, RIC3 = consistency_IC(M_C3, Prom_C3)

# C4: num2(:,6) (menor => mejor)
Alt_C4 = num2[:, col1b(6)]
M_C4 = pairwise_from_vector(Alt_C4, higher_is_better=False)
Prom_C4 = weights_from_normalized(normalize_by_column(M_C4))
lam4, IC4, RIC4 = consistency_IC(M_C4, Prom_C4)

# C8: num2(:,20) (mayor => mejor)
Alt_C8 = num2[:, col1b(20)]
M_C8 = pairwise_from_vector(Alt_C8, higher_is_better=True)
Prom_C8 = weights_from_normalized(normalize_by_column(M_C8))
lam8, IC8, RIC8 = consistency_IC(M_C8, Prom_C8)

# 4) Priorización final
Matriz_Promedio_Criterios = np.column_stack([
    Prom_C1, Prom_C3, Prom_C4, Prom_C8
]) # (Alternativas x 4)

Vectro_Priorizacion = Matriz_Promedio_Criterios @ Ponderacion_Criterios_Consensuados # (Alternativas,)

# 5) Tabla de salida (usa raw2 para nombres/sección; quita la 1ra fila tipo encabezado)
Aeropuerto_Aerodromo = raw2.iloc[1:, 0].tolist()
Seccion_Caracteristica = raw2.iloc[1:, 1].tolist()
L = len(Vectro_Priorizacion)
Aeropuerto_Aerodromo = Aeropuerto_Aerodromo[:L]
Seccion_Caracteristica = Seccion_Caracteristica[:L]

Priorizacion = pd.DataFrame({
    "Aeropuerto_Aerodromo": Aeropuerto_Aerodromo,

```

```

    "Seccion_Caracteristica": Seccion_Caracteristica,
    "Vectro_Priorizacion": Vectro_Priorizacion
})

Priorizacion_ordenada = Priorizacion.sort_values(
    "Vectro_Priorizacion", ascending=False, kind="mergesort"
).reset_index(drop=True)

# 6) Mostrar resultados principales
show("Matriz_Promedio_Criterios (alternativas x 8)", pd.DataFrame(Matriz_Promedio_Criterios))
show("Ponderacion_Criterios_Consensuados (Nx1)", Ponderacion_Criterios_Consensuados)
show("Priorizacion (preview)", Priorizacion.head(12))
show("Priorizacion_ordenada (TOP 12)", Priorizacion_ordenada.head(12))

# (Opcional) Guardar a Excel
try:
    salida_xlsx = "salida_priorizacion.xlsx"
    with pd.ExcelWriter(salida_xlsx, engine="openpyxl") as wb:
        pd.DataFrame(num1).to_excel(wb, sheet_name="num1_criterios", index=False, header=False)
        pd.DataFrame(num2).to_excel(wb, sheet_name="num2_datos", index=False, header=False)
        pd.DataFrame(ponderaciones_expertos).to_excel(wb, sheet_name="ponderaciones_expertos",
index=False, header=False)
        pd.DataFrame(Ponderacion_Criterios_Consensuados, columns=["peso"]).to_excel(wb,
sheet_name="pesos_consenso", index=False)
        pd.DataFrame(Matriz_Promedio_Criterios, columns=[f"C{i}" for i in range(1,5)]).to_excel(wb,
sheet_name="matriz_prom_criterios", index=False)
        Priorizacion.to_excel(wb, sheet_name="priorizacion", index=False)
        Priorizacion_ordenada.to_excel(wb, sheet_name="priorizacion_ordenada", index=False)
        print(f"\nArchivo guardado: {salida_xlsx}")
except Exception as e:
    print("\n[AVISO] No se pudo escribir Excel de salida (openpyxl no instalado o carpeta sin permisos).")
    print("Detalle:", e)

if __name__ == "__main__":
    main()

```

