



Universidad Pontificia Comillas

Facultad de Ingeniería (ICAI)

TRABAJO DE FIN DE GRADO

PLAN LOGÍSTICO ANTE UN ATAQUE A LA ISLA DE GRAN CANARIA

Mónica Olmos Nieto

Director: Dr. Antonio García y Garmendia

Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

Madrid, julio de 2025

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título:

Plan Logístico Ante Un Ataque A La Isla De Gran Canaria

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el curso académico 2024 - 2025 es de mi autoría, original e inédito y no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: Mónica Olmos Nieto

Fecha: 29/07/2025

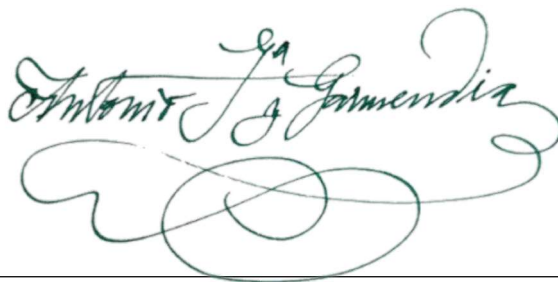


Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Dr. Antonio García y Garmendia

Fecha: 29-Julio, 2025



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, gracias a mi universidad, por haberme acompañado durante estos años de crecimiento personal y profesional. Ya conocía el valor del esfuerzo y la dedicación, pero aquí he aprendido a confiar en lo que soy capaz de construir con ellos.

A mi familia, gracias por creer siempre en mí, y no poner nunca límites a mis sueños y aspiraciones. Vuestra confianza ha sido la base que me ha permitido hoy estar aquí.

Y una mención muy especial a mi abuelo, a quien tanto he querido y admirado. Sé que este título era también algo que tú deseabas. Por eso, este logro va también por ti.

RESPUESTA LOGÍSTICA ANTE UN ATAQUE A LA ISLA DE GRAN CANARIA

Autor: Olmos Nieto, Mónica.

Director: Dr. García y Garmendia, Antonio

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

RESUMEN DEL PROYECTO

La optimización de una evacuación de la isla de Gran Canaria por vía marítima ante un ataque constituye el tema central de este proyecto. Su resolución tiene como finalidad alcanzar una serie de conclusiones orientadas a mejorar y contribuir al desarrollo de los planes de emergencia, y, en consecuencia, a fortalecer la capacidad de respuesta y la resiliencia del país, especialmente en una región como esta que, debido a su lejanía, podría resultar más vulnerable.

Para ello, se ha utilizado el lenguaje matemático de Matlab R2025a, que, junto con una exhaustiva labor de búsqueda de información previa, ha permitido obtener resultados a partir de los cuales se ha llegado a una serie de conclusiones relevantes.

Palabras clave: Evacuación, optimización, software, Gran Canaria, Krutein-Goodchild.

1. Introducción

Canarias, por su ubicación estratégica tanto a nivel comercial como geopolítico, representa una localización vulnerable en el contexto nacional. La actual tensión política a nivel internacional pone aún más de relieve la necesidad de abordar la organización ante emergencias como uno de los principales ejes de desarrollo nacional.

Ante la detección de la ausencia de un plan logístico específico frente a una posible ofensiva exterior, este proyecto pretende ofrecer un punto de partida para su

formulación, susceptible de ser adaptado también a otras situaciones de emergencia, ya sean medioambientales u originadas por otros factores.

Se plantea, por tanto, un escenario de alta emergencia en el que toda la población requiriese ser evacuada por vía marítima. Una vez más, se pone de manifiesto cómo las características propias de los territorios insulares dificultan el diseño y ejecución de planes de esta naturaleza, siendo imprescindible una respuesta rápida y una comunidad resiliente capaz de afrontar situaciones complejas como la aquí descrita.

1. Definición del proyecto

Este proyecto, en base a las necesidades y desafíos expuestos previamente, se centra en el análisis predictivo y la simulación de riesgos ante un posible ataque armado. La relevancia del estudio radica en la formulación de un plan de evacuación eficiente por vía marítima, que permita una salida masiva de la población desde la isla en el menor tiempo posible, minimizando así las consecuencias de la ofensiva.

Para ello, se llevó a cabo una exhaustiva recopilación de información y estadísticas que permiten contextualizar la situación geográfica, demográfica y logística del entorno de Gran Canaria. A partir de estos datos, se desarrolló un código en el entorno MATLAB orientado a la optimización del plan de evacuación. Esta herramienta permite obtener información clave como la flota óptima a emplear, las principales rutas y puertos de desembarque, así como el tiempo estimado para la ejecución del plan propuesto.

La evacuación a gran escala y con una alta demanda de recursos es un tema aún poco desarrollado. En el caso insular, las dificultades añadidas como el aislamiento geográfico, la limitada capacidad de conexión y el acceso restringido a ciertos recursos acentúan su vulnerabilidad. Por ello, se considera que, en territorios con estas características, el planteamiento de una evacuación marítima resulta especialmente pertinente, al ofrecer una vía potencialmente más segura y eficaz para garantizar la puesta a salvo de la población.

2. Descripción del modelo

El modelo utilizado se basa en el problema de programación entera mixta de tipo determinista (modelo D-ICEP) desarrollado por Krutein y Goodchild. Este modelo busca representar un escenario realista y concreto mediante la inclusión de parámetros clave, tales como los tipos de recursos disponibles, su velocidad (tanto máxima como media) y la variación de esta en función de si las embarcaciones se encuentran cargadas o vacías. Asimismo, se incorpora información sobre las distancias entre los distintos puertos de embarque y desembarque, previamente definidos en función de su ubicación.

Su lógica matemática, que ha sido implementada en contextos reales como en el plan de emergencia municipal de la isla de Bowen¹, y se inspira en el trabajo previo de Nguyen-Dupuis, quien formuló un modelo orientado a la optimización del coste en rutas que bien puede representar el tiempo o el flujo de personas entre nodos.

En este proyecto, además, se ha considerado especialmente relevante realizar un análisis de sensibilidad respecto a uno de los parámetros fundamentales del modelo: el horizonte temporal disponible para llevar a cabo la evacuación. Este análisis permite valorar la robustez del modelo ante diferentes escenarios temporales y ajustar sus parámetros a situaciones más exigentes.

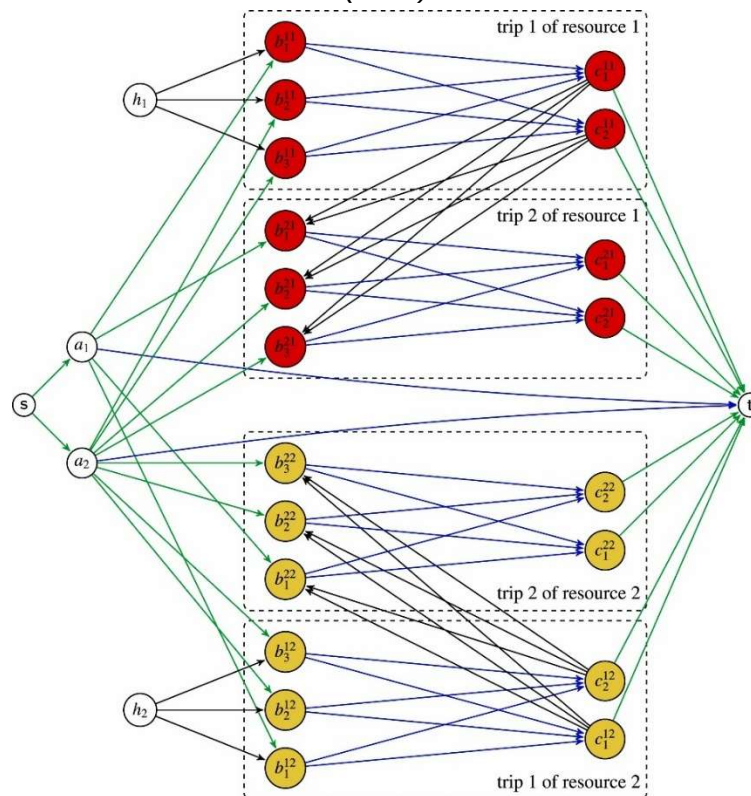
Dada la complejidad del modelo, que implica la manipulación de matrices de gran tamaño, se ha optado por su implementación en el entorno matemático de MATLAB. Además, la estructura desarrollada permite su aplicación en distintos contextos, mediante la modificación de parámetros y la adaptación del modelo a posibles cambios demográficos, variaciones en los activos territoriales de la zona o incluso a su utilización en otras regiones del país, donde la evacuación marítima pueda representar igualmente una necesidad crítica.

¹ Krutein y Goodchild (2022).

A continuación, se incluye una figura que representa la lógica de nodos y rutas empleada en el modelo:

Figura 1.

Esquema del modelo D-ICEP de Krutein y Goodchild. Fuente: Krutein y Goodchild (2022)



En este esquema, el nodo 's' representa el inicio del modelo. Los nodos 'a' corresponden a las áreas de evacuación, mientras que los nodos 'h' representan las localizaciones de los recursos disponibles. Las flechas que conducen directamente desde 'a' hasta el nodo final 't' simbolizan a las personas que se autoevacúan sin necesidad de asistencia externa. Por otro lado, los nodos 'b' y 'c' corresponden, respectivamente, a los puertos de embarque y desembarque, completando así la estructura del modelo logístico planteado.

3. Resultados

El objetivo principal del modelo de optimización desarrollado es maximizar el número de personas evacuadas en un horizonte temporal limitado. Por ello, tanto el

número total de evacuados como el tiempo necesario para completar la operación se convierten en las variables clave del análisis. No obstante, el modelo también permite obtener información adicional de gran valor para comprender en profundidad la solución propuesta.

A partir de distintas iteraciones del modelo, ajustando sus parámetros, se observa una tendencia clara: los recursos con mayor capacidad resultan, en términos generales, más eficientes, ya que permiten evacuar a un mayor número de personas en menos tiempo. Sin embargo, las embarcaciones de menor tamaño también desempeñan un papel fundamental, especialmente en escenarios con limitaciones temporales estrictas, ya que pueden recorrer trayectos en menos tiempo, contribuyendo significativamente al ritmo global de evacuación.

Además, el modelo permite identificar la composición óptima de la flota, el número de trayectos realizados por cada recurso y el flujo total de personas evacuadas en cada escenario. También se pueden detectar las rutas más utilizadas, lo que permite establecer cuáles son los principales nodos de salida y de llegada, destacando aquellos puertos que canalizan la mayor parte del esfuerzo de evacuación y que reciben los mayores volúmenes de población desplazada.

4. Conclusiones

Entre las principales conclusiones extraídas del análisis, destaca la relevancia de invertir en recursos de transporte. Incluso incrementos modestos en el número de embarcaciones disponibles se traducen en una mejora considerable de la capacidad de evacuación. Asimismo, se ha comprobado que una mayor simetría en las rutas disponibles, es decir, una distribución más equilibrada de los trayectos entre nodos no sólo favorece una operación más fluida, sino que también mejora el rendimiento computacional del modelo.

En cuanto al caso específico de Gran Canaria, los resultados del modelo sitúan a la isla de Tenerife como el principal nodo de acogida, al concentrar el mayor volumen

de personas evacuadas. Este patrón pone en relieve la necesidad de seguir invirtiendo en las infraestructuras y capacidades logísticas de los principales puertos de dicha isla, para garantizar una respuesta eficaz ante posibles situaciones de emergencia.

5. Referencias

Krutein, K. F., McGowan J., Goodchild A. (2022). *Evacuating Isolated Islands with Marine Resources: A Bowen Island Case Study*. International Journal of Disaster Risk Reduction. Vol. 72, 102865.

LOGISTIC RESPONSE TO A POTENTIAL ATTACK OF GRAN CANARIA

Author: Olmos Nieto, Mónica

Supervisor: Dr. García y Garmendia, Antonio

Collaborating Entity: ICAI – Pontifical University of Comillas

ABSTRACT

The optimization of an evacuation of Gran Canaria by sea in response to a potential attack is the main focus of this project. Its aim is to reach a series of conclusions that contribute to the improvement and development of emergency response plans, thereby strengthening the country's operational capacity and resilience, particularly in a region that, due to its geographical isolation, may be more easily exposed to risk.

To achieve this, the mathematical computation software Matlab R2025a has been used. Combined with an in-depth preliminary research process, this has enabled the generation of results from which key conclusions have been drawn.

Keywords: Evacuation, optimization, software, Gran Canaria, Krutein-Goodchild.

1. Introduction

Due to its strategic location, both in terms of trade and geopolitics, the Canary Islands are considered a vulnerable area within the national context. The current international political tensions make it even more important to address emergency response as one of the main priorities for national development.

Given the lack of a specific logistics plan for a possible external attack, this project aims to provide an initial starting point for its design. The same approach could later

be adapted to other types of emergencies, whether environmental or caused by other factors.

The project considers a high-risk situation where the entire population would need to be evacuated by sea. Once again, the unique characteristics of island territories make it difficult to design and carry out plans of this kind. A fast response and a resilient community are essential to deal with complex situations like the one described here.

6. Project definition

This project, based on the needs and challenges described above, focuses on predictive analysis and risk simulation in the case of a possible armed attack. Its main goal is to develop an efficient evacuation plan by sea, allowing people to leave the island quickly and in large numbers, reducing the impact of the attack.

To do this, detailed research and data collection were carried out to understand the geographical, demographic, and logistical situation of Gran Canaria. Based on this information, a MATLAB-based code was developed to optimize the evacuation plan. This tool provides key results such as the optimal fleet to use, the main routes, the pick-up and drop-off ports, and the estimated completion time of the plan.

Evacuation in large-scale emergencies characterized by a high demand and limited resources is still not well studied. In island regions, additional challenges like isolation, poor connections, and limited access to equipment make them more vulnerable. That is why maritime evacuation is seen as a good option in areas with these features, as it can offer a safer and more effective way to protect the population.

7. Model description

The model used in this project is based on the deterministic mixed-integer programming model created by Krutein and Goodchild. It is designed to reflect a

realistic situation by including key variables such as the types of available vessels, their maximum and average speeds (which change depending on whether the resource is full or empty), and the distances between the pick-up and drop-off ports, which were defined earlier according to their location.

This model, which has already been used in real cases like the emergency plan for Bowen Island, is based on the earlier work of Nguyen-Dupuis, who created a model to optimize the cost of moving between locations, whether measured in time or in the number of people transported.

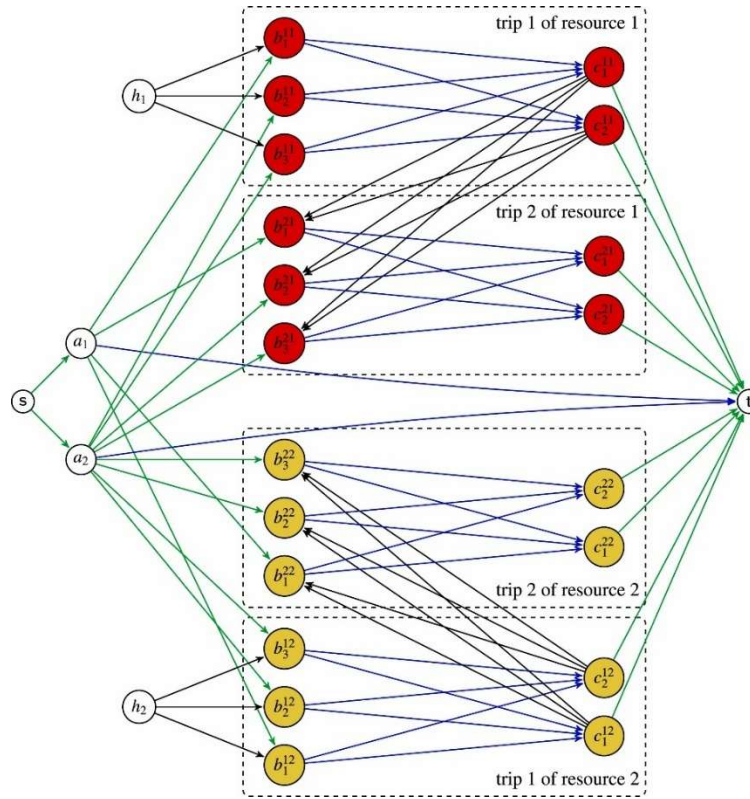
In this project, a sensitivity analysis was also done to study how the model reacts to changes in one important parameter: the time available to carry out the evacuation. This helps check how well the model works in different time scenarios and how it can be adjusted when needed.

Because the model is complex and involves large matrices, MATLAB was chosen as the best platform for its implementation. The structure created in this study can also be used in different contexts by changing the parameters. For example, it could be adapted to reflect demographic changes, changes in local infrastructure, or even applied in other parts of the country where sea evacuation might also be needed.

The figure below shows the basic structure of the model with its nodes and routes:

Figure 2.

Diagram of the D-ICEP model by Krutein and Goodchild. Source: Krutein and Goodchild (2022).



In this diagram, node 's' is the starting point of the model. Nodes 'a' represent evacuation areas, while nodes 'h' are the locations of available resources. The arrows going directly from 'a' to the final node 't' represent people who self-evacuate themselves. The nodes 'b' and 'c' represent the pick-up and drop-off ports, which complete the structure of the evacuation system.

8. Results

The main goal of the optimization model developed in this study is to maximize the number of people evacuated within a limited time frame. Therefore, both the total number of evacuees and the time required to complete the operation are key variables in the analysis. However, the model also provides valuable additional information that helps to better understand the proposed solution.

Through multiple iterations of the model, with adjusted parameters and constraints, a clear trend emerges: in general, resources with greater capacity are more efficient, as they allow for a larger number of people to be evacuated in less time. Nevertheless, smaller vessels also play an essential role, particularly in scenarios with strict time limits, since they can complete shorter trips more quickly, contributing significantly to the overall pace of the evacuation.

Moreover, the model helps identify the optimal fleet composition, the number of trips carried out by each vessel, and the total flow of people evacuated in each scenario. It also reveals the most frequently used routes, which makes it possible to determine the main departure and arrival nodes, highlighting the ports that manage most of the evacuation effort and receive the highest number of displaced people.

9. Conclusions

Among the main conclusions of the analysis, the importance of investing in transportation resources stands out. Even small increases in the number of available vessels lead to a significant improvement in evacuation capacity. Furthermore, greater symmetry in the available routes, meaning a more balanced distribution of trips among nodes, not only facilitates a smoother operation but also improves the computational performance of the model.

Regarding the specific case of Gran Canaria, the model results identify the island of Tenerife as the main receiving node, concentrating the largest number of evacuees. This pattern highlights the need to continue investing in the infrastructure and logistical capacity of Tenerife's main ports, in order to ensure an effective response in potential emergency situations.

10. References

Krutein, K. F., McGowan J., Goodchild A. (2022). *Evacuating Isolated Islands with Marine Resources: A Bowen Island Case Study*. International Journal of Disaster Risk Reduction. Vol. 72, 102865.

TABLA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	19
1.1. Motivación	19
1.2. Objetivos	20
1.3. Metodología del trabajo	21
1.4. Recursos utilizados	23
1.5. Objetivos de Desarrollo Sostenible	24
CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE	25
2.1 Teorías y Modelos de Evacuación	26
2.2. Contextualización del Problema	35
2.3. Demografía y Consideraciones	43
2.4. Síntesis de la Literatura.....	45
CAPÍTULO 3. APLICACIÓN DEL PROYECTO	47
3.1. Contexto geográfico y demográfico	48
3.2. Infraestructura portuaria disponible	51
3.3. Inventario de recursos marítimos.....	53
3.4. Distancias Náuticas entre puertos	56
3.5. Embarcaciones disponibles para la evacuación	57
3.6. Caracterización técnica y operativa de los recursos marítimos.....	60
3.7. Conexión del puerto	61
3.8. Capacidad de autoevacuación	62
3.9. Zonas de refugio.....	64
3.10. Conclusiones.....	66
CAPÍTULO 4. FORMULACIÓN MATEMÁTICA	67
4.1. Suposiciones	68
4.2. Formulación matemática del modelo.....	70
4.2.1. Conjuntos.....	71
4.2.2. Parámetros	73
4.2.3. Variables.....	74
4.3. Función objetivo.....	76
4.4. Restricciones	77
4.5. Ventajas y limitaciones	80
4.6. Conclusiones.....	81
CAPÍTULO 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS	82
5.1 Escenario de simulación.....	82

5.2.	Análisis e interpretación de los resultados	83
5.2.1.	Tiempo total de evacuación	83
5.2.2.	Recursos empleados	84
5.2.3.	Distribución de flujos	85
5.3.	Análisis de sensibilidad	87
5.3.1.	Tiempo total de evacuación para $T_{limit} = 20$	88
5.3.2.	Recursos empleados para $T_{limit} = 20$	88
5.3.3.	Distribución de flujos para $T_{limit} = 20$	92
5.4.	Análisis de sensibilidad del parámetro k_{max}	93
5.5.	Dificultades en la ejecución del modelo	93
5.6.	Conclusiones	95
CAPÍTULO 6. ESTIMACIÓN DE COSTE		96
6.1.	Categorías de coste	96
6.1.1.	Costes de software	96
6.1.2.	Costes de hardware	97
6.1.3.	Costes de recopilación de información	97
6.1.4.	Costes de tiempo de trabajo	97
6.1.5.	Costes adicionales	98
6.2.	Resumen de costes	99
6.3.	Consideraciones y limitaciones	99
6.4.	Conclusión	100
CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		101
7.1.	Conclusiones y recomendaciones	101
7.1.1	Objetivos alcanzados	101
7.1.2	Conclusiones operativas derivadas de los resultados	103
7.2.	Líneas de mejora y trabajo futuro	104
ANEXO I. FUENTES TÉCNICAS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE EMBARCACIONES		107
ANEXO II. ESTIMACIÓN DE COSTES OPERATIVOS		110
ANEXO III. CÓDIGO DE MATLAB		113
ANEXO IV. RESULTADOS DEL MODELO DE OPTIMIZACIÓN		122
ANEXO V. RESULTADOS DEL MODELO DE OPTIMIZACIÓN		204
ÍNDICE DE TABLAS		217
ÍNDICE DE FIGURAS		219
BIBLIOGRAFÍA		221

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

Canarias es un archipiélago compuesto por siete islas principales: El Hierro, Fuerteventura, Gran Canaria, La Gomera, Lanzarote, La Palma y Tenerife. Forma parte del territorio español, y su superficie total abarca aproximadamente 29.120 km de zona marítima y 7.447 km de superficie terrestre. Este archipiélago posee una ubicación estratégica de gran relevancia tanto a nivel comercial como geopolítico, ya que actúa como un punto de conexión entre Europa, África y América², facilitando además los intercambios entre estos dos últimos continentes.

El objetivo de este proyecto es presentar un plan de actuación logística ante la eventualidad de un ataque, potencialmente marítimo, dirigido a alguna de las islas, lo que podría amenazar la soberanía del archipiélago y su permanencia como parte del territorio español.

A pesar de los avances tecnológicos ocurridos en las últimas décadas, la distancia sigue ejerciendo una gran influencia sobre las capacidades y habilidades de defensa³. En el caso de las islas situadas a gran distancia del territorio principal, se prevé que enfrenten dificultades significativas en diversas áreas, tales como la obtención de información, la coordinación de los comandos y las comunicaciones, así como la movilización de tropas, el aseguramiento de un suministro constante o la protección y evacuación de los residentes.

Teniendo en cuenta lo anterior es imprescindible definir un plan logístico en caso de ataque a este territorio para preservar la seguridad de sus habitantes y la preservación de la soberanía del territorio.

1.1. Motivación

A la vista de lo realizado hasta el momento, se ha detectado la necesidad de estudiar e investigar las islas en relación a su capacidad de respuesta ante posibles crisis, debido a las condiciones de vulnerabilidad que las afectan y por este motivo,

² IT islands (2019).

³ Sakaguchi, D. (2011).

surge la necesidad de este proyecto. En este contexto, Canarias se presenta como un territorio especialmente vulnerable debido a su estratégica ubicación geopolítica, lo que hace fundamental la protección de sus intereses y soberanía. Dada la creciente agitación política internacional actual, la implementación de este plan no solo es necesaria, sino también altamente recomendable. El uso de la programación matemática basada en *mixed integer programming* (MIP) representa una herramienta fundamental para el diseño y la optimización de este plan logístico, y tiene el potencial de revolucionar la manera de abordar las acciones militares. Los programas de optimización de este tipo se han utilizado principalmente en la gestión de evacuaciones de zonas urbanas afectadas por desastres o accidentes, donde los habitantes pueden recurrir a medios propios de transporte, así como en la optimización del tráfico, pero su uso en contextos insulares ha sido hasta ahora limitada.

La defensa de islas sigue siendo un tema relativamente poco explorado. Tradicionalmente, no se le ha otorgado la importancia que merece, pero en la actualidad, muchas islas ocupan posiciones estratégicas geopolíticas clave, lo que las convierte en objetivos fáciles debido a su aislamiento. Este factor las hace especialmente susceptibles a ataques en un contexto de conflicto.

Cabe resaltar que este proyecto tiene la intención de servir como una aproximación inicial a un plan de evacuación adaptado a contextos militares, pero es necesario reconocer que dicho plan requerirá un perfeccionamiento futuro. Este perfeccionamiento se podría llevar a cabo mediante la inclusión de las partes interesadas, utilizando herramientas como encuestas o métodos similares para recoger información relevante.

1.2. Objetivos

Por la motivación anteriormente expuesta se plantean los siguientes objetivos del proyecto. En primer lugar, la elaboración de un plan logístico de evacuación para la población de Canarias en caso de un ataque militar. Se busca desarrollar un plan exhaustivo que defina las medidas necesarias para evacuar de manera eficiente y

segura a los habitantes del archipiélago, teniendo en cuenta las particularidades geográficas y territoriales de la región.

En segundo lugar, se busca ofrecer una serie de recomendaciones y pasos a seguir para optimizar aún más el proceso de evacuación, así como implementar medidas preventivas que puedan evitar la necesidad de recurrir a este último recurso. Se considera que, mediante la aplicación de estas medidas, podría desincentivarse el ataque, disuadiendo al agresor y garantizando la protección de la isla y sus habitantes, así como la estabilidad de la zona.

A nivel personal, este proyecto me motiva profundamente, ya que representa un esfuerzo concreto para mejorar la seguridad de nuestra nación. Mi principal objetivo es contribuir al bienestar y la protección de los ciudadanos, garantizando que, ante una situación de crisis, se cuente con un plan de evacuación eficiente que salve vidas y minimice los riesgos. Estoy convencida de que, al implementar soluciones tecnológicas avanzadas en la defensa, no solo mejoramos la respuesta ante un ataque, sino que también reforzamos la capacidad de nuestro país para proteger su soberanía y la seguridad de su gente.

1.3. Metodología del trabajo

En relación con el proceso secuencial seguido para el desarrollo de este trabajo, en este apartado se detallan las diferentes partes del proyecto, así como su planificación temporal, siendo conscientes aún así de la existencia de interdependencias entre las distintas etapas.

- **Introducción.** En este primer bloque se establece el marco contextual de la isla de Gran Canaria, haciendo hincapié en su vulnerabilidad ante ataques externos. Se describe su posición estratégica a nivel internacional y se definen los objetivos de la investigación, entre los cuales se encuentra la optimización de recursos marítimos para dar respuesta a la necesidad imperativa de evacuar la zona en caso de emergencia.

- **Revisión crítica de la literatura.** En este segundo apartado se lleva a cabo una exploración exhaustiva de las metodologías utilizadas en la literatura científica para abordar procesos de evacuación de la población. Este apartado constituye la base teórica sobre la cual se sustenta la posterior formulación del método aplicado en el presente trabajo.
- **Planteamiento del modelo teórico.** Este capítulo se centra en la definición de la herramienta empleada para la resolución del problema, especificando sus características particulares y la aplicación del modelo de simulación. La metodología utilizada se basa principalmente en una de las técnicas revisadas en el apartado anterior, en concreto el modelo D-ICEP de Goodchild y Krutein, incorporando alguna mejora al modelo original con el fin de adaptarlo a un escenario más realista y representativo.
- **Simulación práctica.** Esta etapa se corresponde con la ejecución del código de optimización desarrollado. Si bien no se representa de forma detallada en el cuerpo principal del documento, el código empleado se incluye en el anexo correspondiente, permitiendo así consultar el lenguaje matemático utilizado para la obtención de los resultados.
- **Análisis de resultados.** Este bloque se dedica al estudio e interpretación de los resultados obtenidos, así como a la identificación de posibles limitaciones del entorno matemático empleado. Asimismo, se persigue detectar patrones y comprender la lógica subyacente a los resultados.
- **Estimación de coste.** Este apartado expone las consideraciones de carácter económico asociadas a la ejecución del proyecto. Para ello, se han estimado los costes derivados del desarrollo del mismo, incluyendo la adquisición del software y los recursos humanos necesarios para su implementación, entre otros.
- **Elaboración de recomendaciones y desarrollos futuros.** La última fase del proyecto adopta una perspectiva orientada al futuro, priorizando la formulación de recomendaciones a partir de los resultados obtenidos. Del mismo modo, se identifican posibles mejoras al modelo propuesto con el

objetivo de incrementar su precisión y adecuación a la realidad, así como líneas de desarrollo futuro que podrían requerir análisis adicionales.

1.4. Recursos utilizados

Para la resolución exitosa del proyecto ha sido imprescindible disponer de recursos y herramientas adecuados. A continuación, se detallan los recursos claves empleados, concretando su función específica dentro del desarrollo del trabajo.

- **Bibliografía.** Ha desempeñado un papel esencial en la legitimación de los argumentos presentados, así como en la contextualización de un escenario bélico y de respuesta ante situaciones de emergencia.
- **Estadísticas oficiales.** Este recurso ha sido fundamental para la delimitación de los parámetros del modelo, permitiendo describir con precisión las características del entorno geográfico, demográfico y los activos territoriales de la zona. Dentro de este apartado se incluyen herramientas como Google My Maps, datos de tráfico y población, registros de emergencias pasadas y el inventario de las principales empresas portuarias asentadas en Gran Canaria.
- **Software de Simulación.** Para la obtención de la solución final se ha utilizado el entorno de programación matemática MATLAB, que ha permitido tanto la definición de parámetros y restricciones como la obtención de valores para las variables de interés.
- **Microsoft Office y similares.** Este paquete incluye herramientas como Excel y Word. Esta primera aplicación ha sido de gran utilidad para el manejo inicial, agrupación y organización de los datos. Por su parte, Word ha sido la herramienta empleada en la redacción del presente trabajo, facilitando la edición y revisión del documento final. En cuanto a la presentación visual, se ha contado con la aplicación de diseño gráfico Canva, que ha ofrecido una mayor claridad y versatilidad en la elaboración de los materiales destinados a la exposición y defensa del proyecto.

1.5. Objetivos de Desarrollo Sostenible

Por último, cabe destacar que este proyecto se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) definidos por la ONU. En particular, contribuye a los siguientes:

- **ODS 9:** Industria, innovación e infraestructura, mediante el uso de tecnología para mejorar la capacidad de respuesta.
- **ODS 16:** Paz, justicia e instituciones sólidas, al reforzar la preparación institucional frente a crisis, consolidando el papel de las instituciones y poniendo en valor su labor en contextos de emergencia.

Teniendo en cuenta lo anterior, los próximos capítulos abordarán la revisión técnica del problema planteado, con el propósito de avanzar hacia los objetivos definidos en este apartado.

CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE

La revisión literaria de este Trabajo de Fin de Grado (TFG) tiene como objetivo ofrecer una base sólida de teorías y prácticas previas que fundamentan el mismo. Dado el tema que este proyecto trata, se pueden identificar tres tipos de fuentes relevantes.

En primer lugar, en este capítulo se realiza un análisis exhaustivo de los planes de evacuación propuestos por diversos autores, los cuales presentan diferentes enfoques y métodos para su optimización, y han servido como base para la elaboración del presente proyecto. Estas fuentes proporcionan los conocimientos esenciales para el diseño de un plan de evacuación integral y tecnológicamente avanzado. En segundo lugar, se presentan artículos que han sido fundamentales para, o bien contextualizar el presente problema, la respuesta logística ante un posible ataque a las Islas Canarias, o bien ofrecer diversas recomendaciones que podrían resultar útiles para la implementación de este plan. Por último y, en tercer lugar, se citan fuentes estadísticas que han sido esenciales para la definición de los parámetros utilizados en la simulación de la estrategia diseñada.

La planificación de evacuaciones en Canarias adquiere una relevancia particular debido a su estratégica ubicación geográfica, ya que constituye uno de los puntos de acceso al estrecho de Panamá⁴, lo que la convierte en una zona clave para el tráfico de mercancías. En este contexto, las islas Canarias actúan como un puente entre tres continentes: América, África y Europa. La creciente inestabilidad a nivel internacional convierte a este archipiélago en un punto particularmente vulnerable. Por ello, este TFG tiene como propósito abordar este vacío, proporcionando un planteamiento detallado y eficaz ante la posibilidad de una ofensiva.

⁴ EMSA – European Maritime Safety Agency (2019).

2.1 Teorías y Modelos de Evacuación

El problema de la evacuación de una población ante situaciones de riesgo es un tema de interés relativamente reciente, por lo que la bibliografía disponible es aún limitada. En términos generales, la optimización de las evacuaciones ha centrado su atención en las respuestas a emergencias en espacios cerrados, como edificios, los cuales son más fáciles de definir y gestionar debido a su escala y características más controladas⁵⁶. Asimismo, existen otros estudios que abordan evacuaciones, pero en entornos urbanos. El enfoque principal de estos problemas se orienta a optimizar el flujo de tráfico para garantizar una evacuación rápida, al tiempo que se coordina el transporte y abastecimiento de equipos y materiales utilizados por las Fuerzas del Estado o los equipos médicos.

La más reciente publicación en esta área emplea un modelo de programación lineal entera mixta (MILP) de tres etapas para la resolución de la optimización del plan de evacuación⁷.

El algoritmo propuesto en dicho estudio sigue los pasos delineados en el diagrama de flujos, el cual se ha incluido a continuación, para la obtención de resultados. La aplicación de este proceso genera una lista de soluciones para distintos valores de demanda de tráfico y dirección de las vías de rescate. La dirección de la vía se regula mediante el control de flujo inverso, el cual se define con el parámetro λ . Cuando λ alcanza su valor máximo, no existe flujo inverso para los vehículos de rescate y, por lo tanto, todas las vías mantienen su dirección habitual de tráfico.

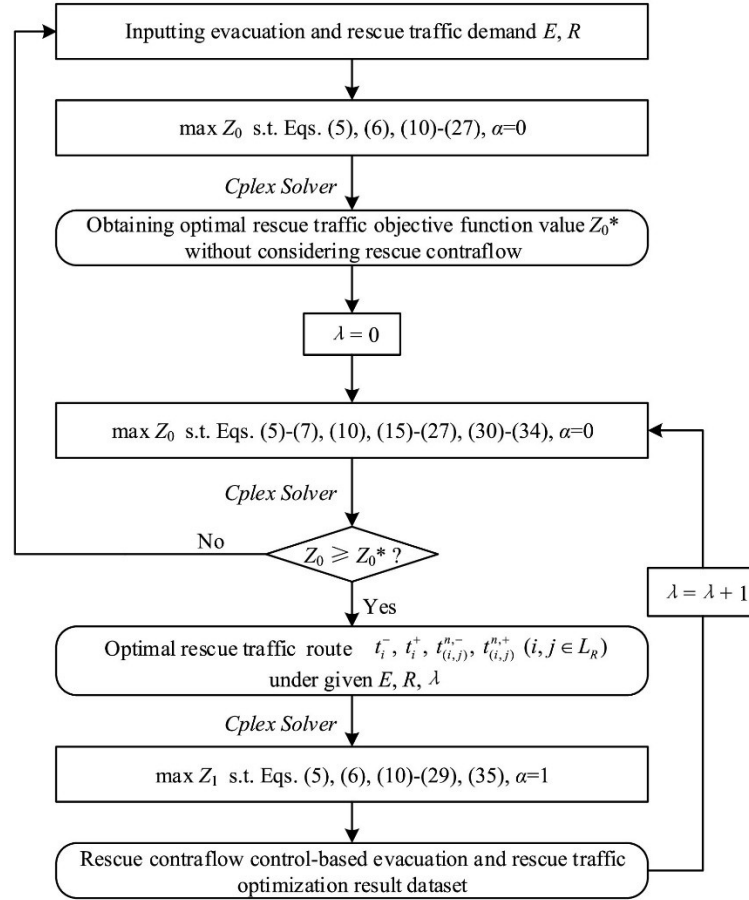
⁵ Kuligowski, E. D., Peacock, R. D., & Hoskins, B. L. (2005).

⁶ Khodabandelu, A., Park, J. (2021).

⁷ Zheng Liu, Jialin Liu, Xuecheng Shang, Xingang Li (2024).

Figura 1.

Diagrama de flujos para la obtención del contraflujo y tráfico de rescate optimizados. Zheng Liu, Jialin Liu, Xuecheng Shang, Xingang Li (2024).



En este estudio se señala que una de las principales dificultades en este tipo de evacuaciones radica en la coexistencia de dos tipos de vehículos con objetivos distintos: uno que busca abandonar la zona afectada y otro encargado de ingresar para proporcionar asistencia. Ambos operan en el mismo espacio, lo que complica la gestión del tráfico. Por otro lado, aunque la solución ideal sería planificar rutas simultáneas para ambos tipos de vehículos, las limitaciones del modelo obligan a que, en la práctica, primero se especifique la ruta de evacuación y, posteriormente, la ruta de suministro.

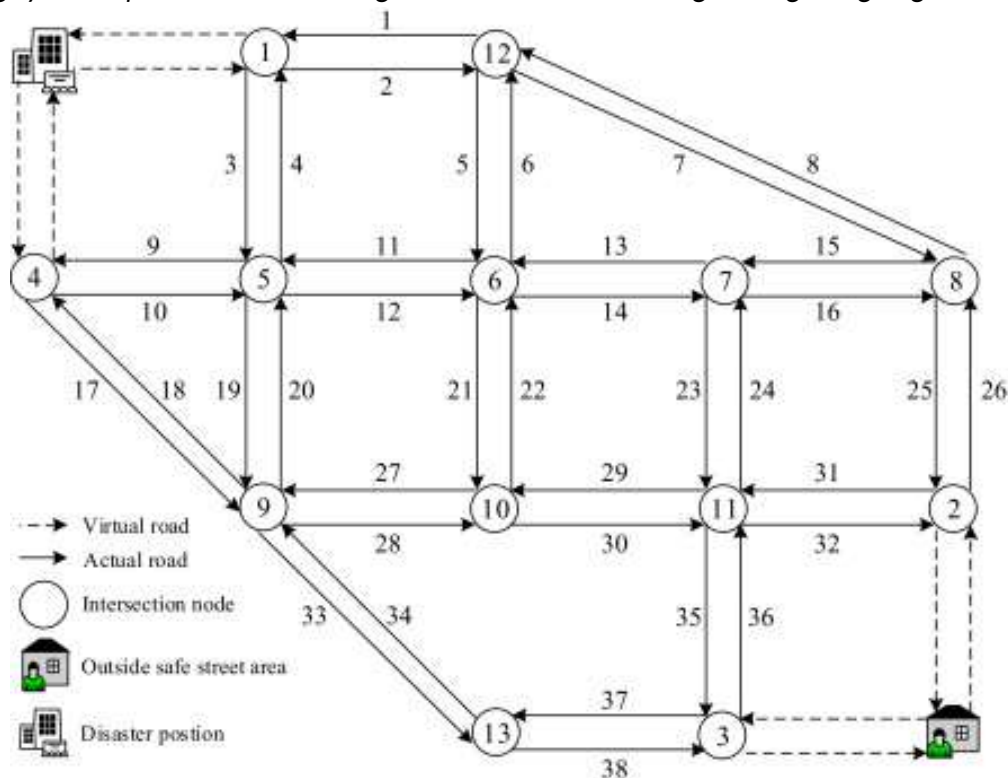
Algunos de los resultados obtenidos en este estudio podrían ser aplicables al problema que este proyecto busca resolver. Aunque el foco principal de este trabajo es la evacuación marítima de la isla, y no el tráfico terrestre, es innegable que el

primero depende del segundo, ya que el flujo de personas por tierra es inevitable para una exitosa evacuación por mar. En este sentido, este estudio señala que la inversión del flujo aumenta la capacidad de tráfico de rescate, pero reduce la oferta de tráfico en la dirección de evacuación en una red vial compartida. A medida que el tráfico crítico para alterar la dirección de las vías se incrementa, el rendimiento de la operación de rescate se ve negativamente afectado, mientras que la operación de evacuación experimenta una pequeña mejora.

Una de las herramientas empleadas en este artículo, que ha demostrado ser sumamente útil para especificar problemas de tráfico y que resulta clave en la planificación de evacuaciones, es la Red Nguyen-Dupuis (*Nguyen-Dupuis Network*). Este modelo se basa en una red de localizaciones interconectadas, donde a cada ruta se le asignan valores de coste, distancia o tiempo entre dos puntos. El objetivo principal del modelo es asignar el flujo en la red de manera que se maximice o minimice la función objetivo, en este caso minimizar el tiempo de evacuación, mientras se cumplen las restricciones de capacidad de los diferentes enlaces de la red.

Figura 2.

Nguyen-Dupuis network. Zheng Liu, Jialin Liu, Xuecheng Shang, Xingang Li (2024).

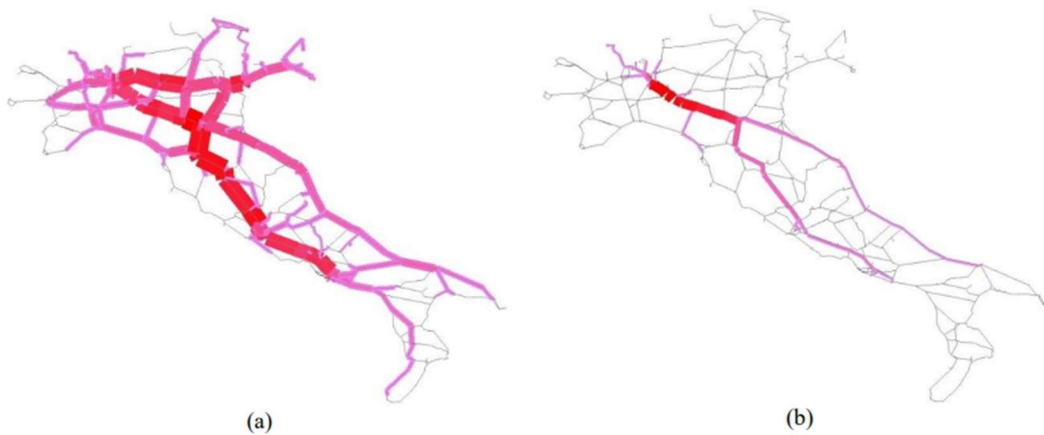


Este método también ha sido aplicado en un estudio de caso sobre el plan de evacuación de Ceuta⁸.

La inundación de la autopista A1 en Italia fue el foco de otro estudio que aplicó técnicas de modelado de tráfico, como la herramienta Cube, para analizar diferentes estrategias de evacuación, considerando distintos tiempos de respuesta de los residentes de las zonas afectadas⁹. Esta técnica es interesante por su capacidad para estimar el flujo de tráfico a partir de información sobre la distribución horaria de la autopista, el número de días festivos al año, los fines de semana y los días laborables.

Figura 3.

(a) Promedio del tráfico nacional por hora, (b) Tráfico nacional tras ser afectado por las inundaciones. Fuente: Haghpanah F. (2018).



Además, los resultados presentados incluyen itinerarios desde una perspectiva tanto macro como micro. La idea sería que, en caso de emergencia, primero se activara el itinerario macro, que utiliza autopistas alternativas. En caso de que este no permita alcanzar los objetivos establecidos, se activaría el itinerario micro, que incluye la red de carreteras locales. Posteriormente, se evalúa el tiempo real de circulación, teniendo en cuenta los retrasos provocados por el incidente.

Finalmente, el estudio realiza un análisis del comportamiento de los conductores, un aspecto crucial en la planificación logística del tráfico. Esto se debe a que las personas no siempre actúan de manera racional desde un punto de vista

⁸ Cabellos Cortés, M. (2024).

⁹ Haghpanah, F. (2018).

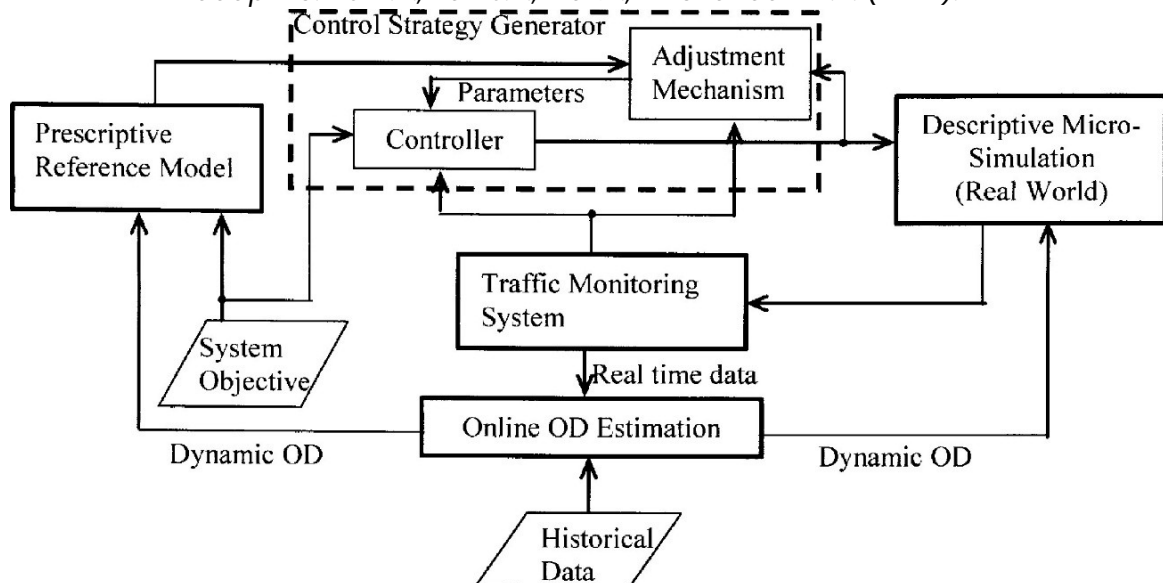
matemático, lo que convierte la psicología humana en una de las variables más inciertas en un problema como el que aquí se estudia.

Por otro lado, desde un enfoque centrado en la implementación práctica del plan logístico, se ofrece una solución a la optimización de evacuaciones mediante el uso de un marco de control adaptativo de referencia del modelo (Model Reference Adaptive Control – MRAC). Consiste en la gestión del tráfico en tiempo real, guiando dinámicamente este durante la actuación ante una emergencia, con el fin de alcanzar los objetivos del sistema, como pueden ser minimizar las víctimas mortales o las pérdidas materiales.

El modelo funciona de la siguiente manera: en primer lugar, se aplica un modelo prescriptivo de asignación dinámica de tráfico para predecir, a corto plazo, los estados de tráfico deseados, basados en objetivos óptimos del sistema. Luego, el sistema de control adaptativo integra estos estados deseados con las condiciones actuales del tráfico, recopiladas a través del sistema de sensores, para generar esquemas de control de tráfico en tiempo real. Finalmente, estos esquemas se implementan en el campo para guiar el flujo de tráfico hacia los estados deseados.

Figura 4.

Marco para la gestión del tráfico de evacuación en tiempo real basado en control adaptivo. Liu H.X., Ban J.X., Ma W., Mirchandani P.B. (2007).



Algunos de los puntos débiles de este método son la falta de estimación de las rutas (estimación OD) y de la distribución de recursos.

El caso específico de la evacuación en las Islas Canarias presenta algunas particularidades en comparación con los modelos mencionados. El archipiélago tiene un extenso territorio marítimo, y el transporte marítimo es esencial tanto para el abastecimiento de las islas, especialmente las más pequeñas, como para el apoyo logístico desde la península. Es por ello, que este proyecto busca una resolución mediante vías marítimas.

Por lo tanto, aunque existe cierta variedad de modelos de evacuación, hasta ahora sólo uno modela la evacuación para el caso de comunidades aisladas, como es el caso de islas o archipiélagos. Este estudio utiliza el modelo ideado por Krutein y Goodchild, basado en una formulación estocástica en dos fases¹⁰.

La evacuación por medios marítimos presenta desafíos adicionales a los terrestres, ya que la mayoría de los residentes de estas zonas no tienen la capacidad de evacuar por sus propios medios. A esto se suma la complejidad derivada de la diversidad de rutas disponibles, puntos de recogida y ubicaciones de refugio y reparación. A diferencia de otros modelos de evacuación, donde los habitantes utilizan vehículos propios para su traslado, en este caso, la población de la isla se concentrará en la costa y desde diversos puntos de recogida, serán transportados por vía marítima a lugares seguros donde poder refugiarse.

La primera fase de este modelo se enfoca en determinar la flota de transporte necesaria, con el objetivo de minimizar tanto los costes como el tiempo de evacuación. La segunda fase emplea los resultados de la fase anterior para definir las rutas de evacuación para cada medio de transporte. Algunos aspectos destacables de este enfoque son que permite identificar las áreas más vulnerables en caso de evacuación y penaliza por aquellos que no puedan ser evacuados.

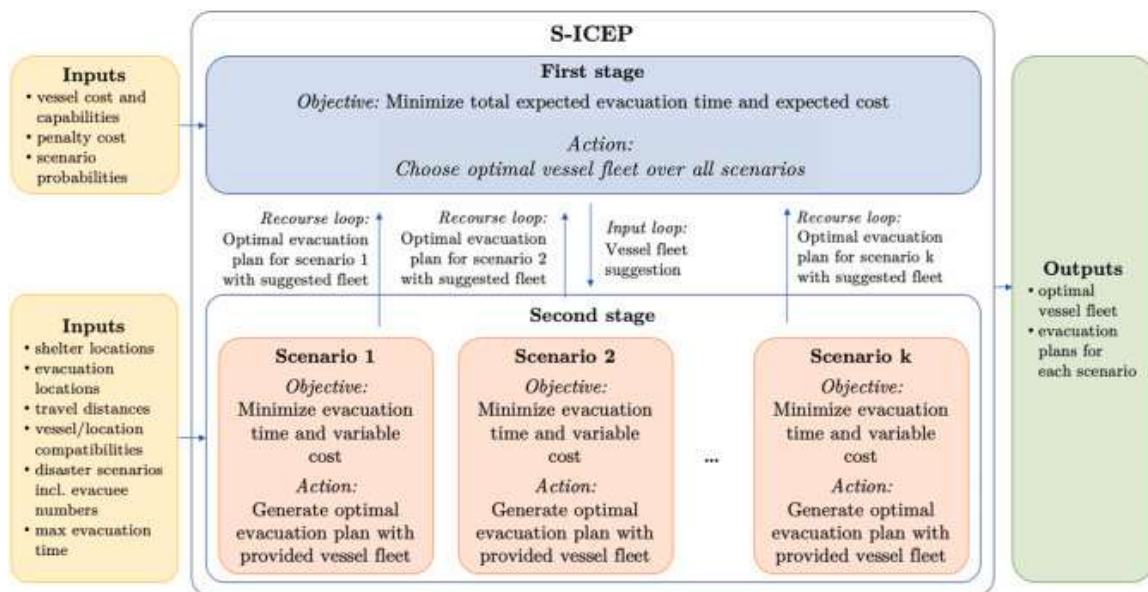
¹⁰ Krutein K. F., Goodchild. A (2022).

A continuación, se presenta un esquema que ilustra el funcionamiento de S-ICEP (Stochastic Mixed Integer Formulation with Recourse), el cual detalla las dos fases del modelo: la primera, independiente, y la segunda, dependiente de la anterior.

A cada dos fases de la programación estocástica se le asigna un equivalente determinista, que más tarde se multiplica por las probabilidades de cada escenario y, sumándolas todas, permite simplificar el modelo como un solo problema. La función objetivo prioriza el tiempo sobre el coste. Por lo que, si se obtienen varias soluciones óptimas, se seleccionará la que minimice los costes.

Figura 5.

Modelo S-ICEP de dos etapas. Modelo Krutein – Goodchild. (2022).

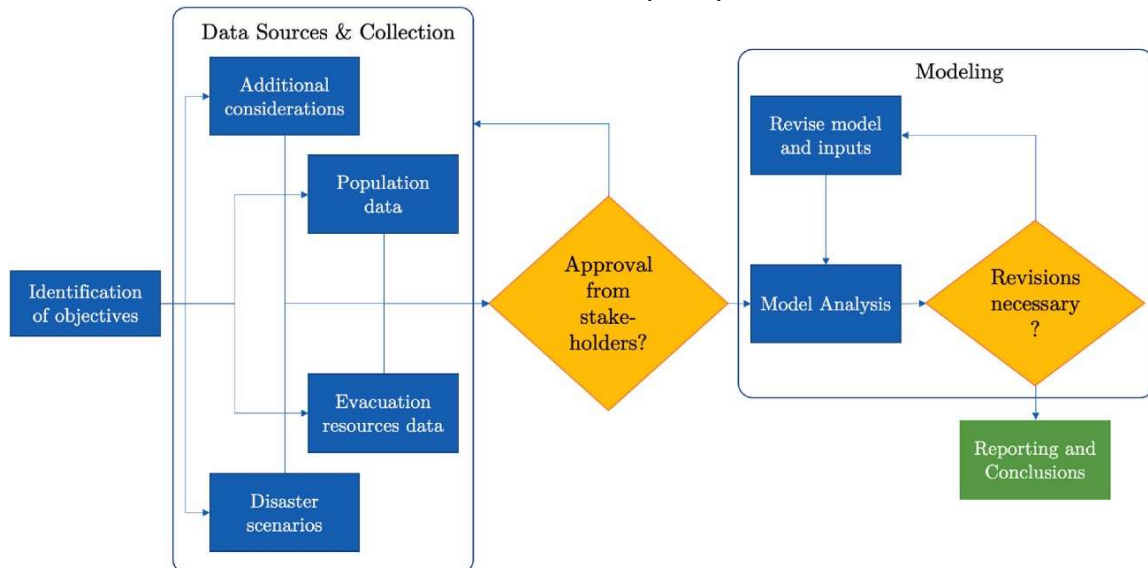


Este método fue utilizado para un estudio de caso de las Islas Bowen, el cual resulta atractivo en su definición de parámetros para el modelo y en toda la base empleada para fundamentar la especificación de los mismos. Entre los parámetros considerados en el diseño del modelo se incluyen: el tamaño de la población de la isla, las fluctuaciones diarias y horarias, así como la distribución de los residentes en las subcomunidades. También se recopiló información sobre la disposición de la población para autoevacuarse mediante embarcaciones privadas, y se identificaron los principales puntos de atraco y refugio para la reparación de embarcaciones. Finalmente, se incorporaron escenarios realistas ante emergencias, como incendios, incluyendo información meteorológica, ya que el estudio se justifica en el contexto de

una evacuación necesaria por causas naturales. Además, se incluyó información sobre la localización, capacidades y limitaciones de los puntos de reparación, así como los costes asociados, lo que permitió evaluar el presupuesto de la estrategia.

Figura 6.

Plantilla para el desarrollo de un estudio de caso. Krutein K. F., Jennifer McGowan, Anne Goodchild. (2022).



Asimismo, la incorporación de los diferentes agentes involucrados en caso de evacuación, como la unidad de rescate por incendio de la Isla Bowen, refuerza la validez de este estudio, lo que, a su vez, mejora la utilidad y efectividad de su aplicación. Entre las conclusiones más importantes de este estudio se destaca que el uso temporal de áreas para el desalojo de la población puede reducir significativamente el tiempo de evacuación, ya que facilita el proceso. Como alternativa permanente a estas estaciones, se propone una mejora en la infraestructura.

La exhaustiva búsqueda de información, junto con el contraste de esta con diversos grupos involucrados y el modelo de programación utilizado, ha sido clave para su éxito, llevándolo a su integración en el plan de evacuación oficial de la Isla Bowen.

Igualmente, en la literatura existente se ofrece una segunda forma de enfocar este problema basada en la simulación de la realidad mediante el Digital Twinning

(DT)¹¹. En concreto los DT son representaciones virtuales en tiempo real de sistemas, comunidades, ciudades o personas, que sirven para mitigar los efectos adversos de los desastres.

Esta metodología aún está poco explorada y requiere perfeccionarse mediante la recolección de más información, como datos demográficos y financieros. No obstante, su potencial es considerable, ya que puede ser de gran utilidad en la planificación de respuestas ante desastres, la distribución de recursos e incluso, al ser visualizable, puede hacer el proceso más intuitivo. Los DT (Digital Twins) tienen el potencial de abordar la complejidad y el dinamismo inherentes a los desastres. Asimismo, esta plataforma puede aplicarse a otros fines, como la formulación de políticas o la recuperación posterior al desastre.

Su funcionamiento se basa en la recopilación de información del mundo físico, su procesamiento y la transformación de ésta en datos para el mundo virtual. Este proceso se complementa con una retroalimentación constante, permitiendo el intercambio de información entre ambas realidades y mejorando así la respuesta continuamente. Para evitar sesgos en la información, se emplean una serie de preguntas que aseguran la objetividad de los datos y validan las respuestas proporcionadas por el programa.

En conclusión, los DT fomentan la colaboración interdisciplinar en la consecución de objetivos comunes, lo que potencia y enriquece su aplicación.

En el caso concreto de este estudio sobre las Islas Canarias, debido a la limitada capacidad para obtener información representativa acerca de los comportamientos, hábitos, bienes u horarios de la población, no es posible utilizarlo para proporcionar una solución realista.

La distribución de recursos y el inventario de materiales también han sido objeto de optimización para situaciones de emergencia¹². Algunas conclusiones extraídas del estudio indican que, si bien el presupuesto para la recuperación

¹¹ Lagap U., Ghaffarian S. (2024).

¹² Balciik, B. and Beamon, B.M. (2008).

posterior al desastre suele ser limitado, el suministro no aumentaría, incluso si el número de centros de distribución se incrementara. Además, la cantidad de suministros distribuidos se ve principalmente afectada por el presupuesto destinado al transporte.

En conclusión, en las últimas décadas se ha buscado enfocar la gestión logística desde un enfoque matemático. Así, se ha desarrollado una variada literatura sobre la gestión de emergencias que abarca tanto contextos más reducidos, como edificios, como situaciones más genéricas. Se pueden identificar dos tendencias principales para abordar estos desafíos: los métodos de programación matemática de optimización y las simulaciones. Ambas técnicas tienen como objetivo final conseguir una comunidad más resiliente ante desastres. Para ello se centran en tres aspectos claves durante una emergencia: la evacuación y movilización de la población, la distribución de materiales y la localización de los centros de distribución, así como la psicología detrás de los desastres y el comportamiento humano.

2.2. Contextualización del Problema

La planificación y preparación de las comunidades ante posibles peligros para sus habitantes y las actividades que estos desarrollan ha tenido siempre una gran importancia histórica. Esta planificación ha permitido a las comunidades identificar vulnerabilidades y actuar de manera efectiva utilizando los recursos disponibles, reduciendo el riesgo ante desastres y aumentando la capacidad de recuperación ante situaciones adversas.

Este enfoque se ha abordado desde diversas escalas. En el ámbito nacional y local, cada territorio cuenta con guías específicas orientadas a lograr estos mismos objetivos. Estas guías presentan detalles esenciales que deben ser incluidos en los planes logísticos, tales como los planes de evacuación. En ellos se incluye información de referencia rápida, procedimientos, roles y responsabilidades, así como factores clave a considerar en la toma de decisiones¹³. En el caso de Canarias, se dispone del

¹³ Krutein K. F., Jennifer McGowan, Anne Goodchild (2022).

Plan Territorial de Protección Civil de la Comunidad Autónoma de Canarias (PLATECA)¹⁴.

En segundo lugar, este asunto también ha sido analizado por profesionales individuales, los cuales han estudiado las relaciones políticas y económicas entre diferentes territorios o países, subrayando la necesidad de contar con guías que, al igual que las anteriormente mencionadas, puedan servir para proteger a la población e incluso disuadir a posibles atacantes de llevar a cabo una ofensiva. Dichos profesionales sostienen que la preparación logística de la región se traduce esencialmente en una mejora en su capacidad de defensa.

Por último, resulta fundamental considerar el enfoque internacional y prestar atención a las recomendaciones formuladas por organismos multilaterales. Aunque todos los enfoques analizados en este trabajo están interrelacionados, son precisamente las alianzas internacionales la táctica de defensa más eficaz¹⁵¹⁶.

La teoría conocida como Loss of Strength Gradient (LSG) sostiene que la defensa nacional más efectiva se basa en establecer estrategias y desplegar bases cercanas a los puntos clave de abastecimiento. Esta teoría parte de la premisa de que la capacidad ofensiva disminuye a medida que aumenta la distancia con el objetivo, incluso a pesar de los avances tecnológicos actuales¹⁷. Así, se refuerza el valor de la cooperación internacional como instrumento esencial para consolidar las capacidades defensivas. La siguiente gráfica ilustra esta teoría, representando la relación inversa entre el poder de proyección militar y la distancia geográfica respecto al objetivo.

¹⁴ Gobierno de Canarias (2015).

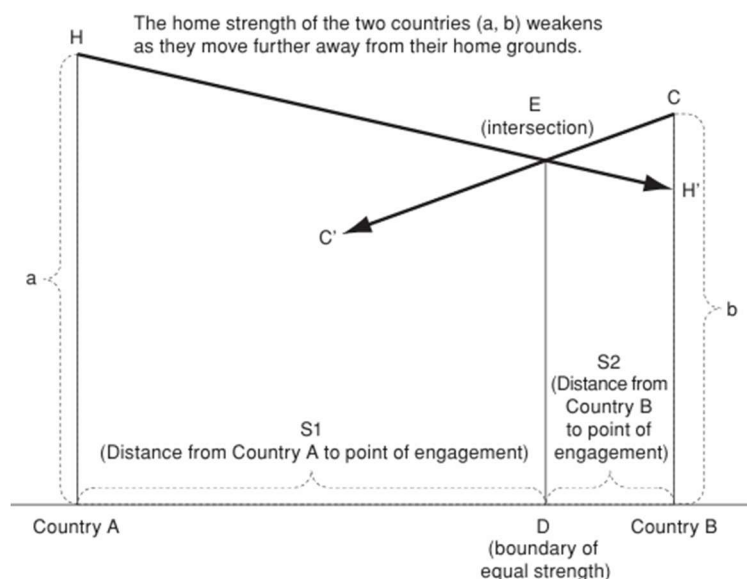
¹⁵ Sakaguchi, D. (2011).

¹⁶ Yann-huei Song (2007).

¹⁷ Sakaguchi, D. (2011).

Figura 7.

Representación de la teoría de Loss of Strength Gradient (LSG). Based on Boulding (1962).



Es bajo esta misma premisa que el presente trabajo ha incorporado de manera activa las directrices y aportaciones de organizaciones como la OTAN y la Unión Europea, de las cuales España es miembro. Un ejemplo destacado de esta cooperación es la creación de la Agrupación Naval Permanente de la OTAN n.º 2, enfocada en operaciones de seguridad y vigilancia marítima, que refuerza el compromiso conjunto en la defensa del espacio europeo y atlántico¹⁸.

La crisis internacional derivada de la guerra en Ucrania ha impulsado una revisión profunda de los sistemas de defensa, apostando por la innovación como motor de cambio en ámbitos como la doctrina, la organización, el adiestramiento, el liderazgo y la gestión de recursos. Además, este conflicto ha evidenciado la necesidad de que las empresas proveedoras de material y equipamiento cuenten con información precisa del entorno operativo, lo que permite una mejor adaptación a las condiciones reales del combate.

Esta transición hacia una mayor adaptabilidad se caracterizará por un flujo constante de información y una colaboración estrecha entre defensa e industria para

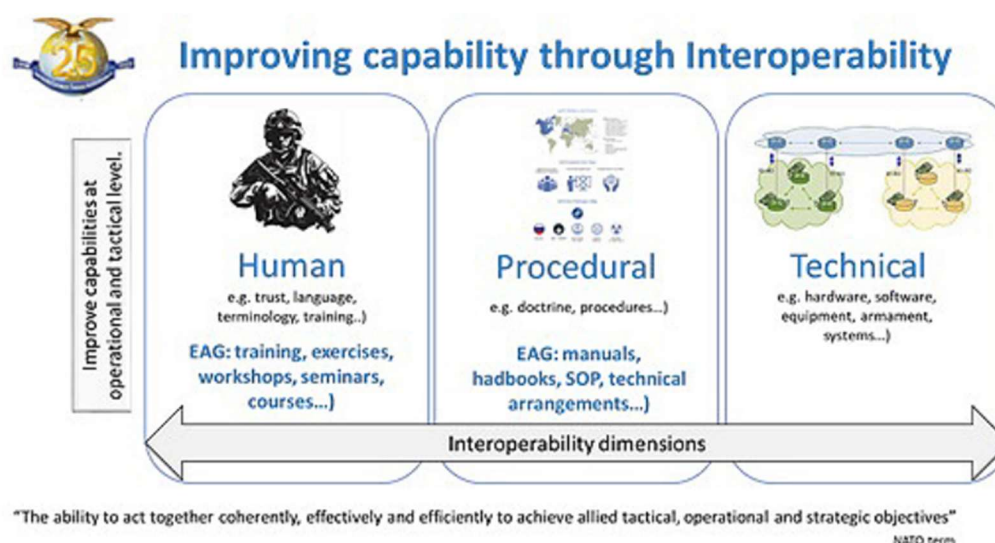
¹⁸ OTAN (2025).

sostener el ciclo de vida de los materiales¹⁹, tal como apuntan distintos expertos²⁰. Este objetivo guarda una estrecha relación con el papel cada vez más relevante de los drones en operaciones militares. Diversos expertos han advertido que su incorporación en el entorno bélico contemporáneo, si bien aporta ventajas tácticas, también expone a los Estados a nuevas formas de vulnerabilidad y riesgo que deberán ser tomadas en cuenta²¹.

Asimismo, los conflictos recientes han evidenciado la importancia de la interoperabilidad y la estandarización de los equipos. Estas medidas buscan mejorar la eficiencia operativa a través de tres dimensiones: humanitaria (formación estandarizada), procedimental (manuales y guías), y técnica (informática y sistemas de armamento).

Figura 8.

Áreas de influencia que afectan a la interoperabilidad. Fuente: Congreso Combat Logistics 2024.



Por otro lado, para entender el entorno logístico de un conflicto es crucial distinguir entre los modelos *push* y *pull*. El sistema de empuje o *push*, de tipo centralizado y alto coste, se basa en el envío de materiales conforme a tasas de consumo predefinidas. Por el contrario, el modelo de tracción o *pull* responde a la demanda real desde las posiciones operativas. Este último se ve favorecido por el

¹⁹ Ministerio de defensa (2024).

²⁰ Matthews R., Bintang Timur F. (2023).

²¹ Risman H. et al. (2023).

desarrollo de cadenas de suministro predictivas y el uso de infraestructuras como el *cloud logistics*, que permiten una nube de combate segura y especializada²².

La OTAN promueve una combinación de ambos enfoques en aras de una logística de precisión, tipo *just in time*, que optimice el gasto y la gestión de inventarios. Un ejemplo de esta integración puede observarse en los esquemas logísticos aplicados al conflicto en Ucrania.

Figura 9.

Ejemplo de abastecimiento mixto push (azul) y pull (verde). Fuente: Congreso Combat Logistics 2024.



En palabras de la OTAN, la clave del éxito logístico actual radica en disponer de grupos de combate resilientes, capaces de operar con mayor autonomía, durante períodos prolongados y con menor dependencia del apoyo logístico. Se ha estimado que estas unidades deberán ser autosuficientes durante al menos una semana, sin necesidad de apoyo externo²³. En este proceso, la tecnología se convierte en el motor de transformación digital, con iniciativas como el plan de la Armada británica centrado en tecnologías clave para el combate futuro.

²² Ministerio de defensa (2024).

²³ Ministerio de defensa (2024).

Figura 10.

Tecnologías clave para los nuevos modelos de sostenimiento. Fuente: Fuerza 2035 British Army, 2024.



La supremacía de la logística sobre la estrategia es hoy incuestionable²⁴. Por ello, la tercera recomendación se centra en la inversión en infraestructuras y en sistemas logísticos²⁵²⁶²⁷. Esta inversión debe materializarse en la mejora y el mantenimiento de las redes de transporte, particularmente marítimas, así como en la fabricación, almacenamiento y distribución de los recursos necesarios para el combate. Tecnologías como el *blockchain* también surgen como opciones interesantes para la cadena de suministro, dada su resistencia a ser jaqueada²⁸.

Otro aspecto relevante es la sinergia entre el sector civil y las Fuerzas Armadas (FAS)²⁹³⁰, lo que implica integrar diversos sectores en la formulación de la estrategia.

²⁴ Ministerio de defensa (2024).

²⁵ Ministerio de defensa (2024).

²⁶ Mokodompis E. Z. et al. (2022).

²⁷ Yann-huei Song (2007).

²⁸ Emili Sabanovic (2023).

²⁹ European Commission (2022).

³⁰ European Defence Agency (2023).

Esta colaboración interdisciplinar se perfila como un pilar clave para optimizar la defensa³¹.

Asociado a lo anterior, se destaca la necesidad de diálogo continuo entre el plan de defensa y el departamento estratégico encargado de la coordinación de respuesta por tierra, aire y mar es otra de las ideas resaltadas³². En este esquema, la dimensión terrestre sigue siendo prioritaria, ya que alberga los centros de mando, los puntos de concentración de fuerzas y los recursos esenciales para el sostenimiento operativo. Por ello, el éxito del plan logístico dependerá en gran medida del control de puntos estratégicos donde puedan desarrollarse actividades de abastecimiento, reparación y repostaje³³. En el ámbito marítimo, la UE persigue como objetivo clave garantizar el cruce transfronterizo en menos de tres días, minimizando la vulnerabilidad de sus Estados miembros³⁴.

En el caso insular, la geografía introduce retos adicionales para la defensa. Por ello, se prioriza el estudio y desarrollo del plan de defensa en la isla principal —aquella que dispone de mayores recursos e infraestructuras—³⁵. Asimismo, esta isla podría actuar como centro de operaciones para el resto del archipiélago, en caso de que la ofensiva tuviese lugar en otra de las islas, lo que resalta nuevamente la necesidad de invertir en infraestructuras logísticas que garanticen una respuesta ágil y eficaz ante cualquier emergencia³⁶.

Todas estas recomendaciones ofrecidas por parte de la OTAN están en sincronía con los objetivos propuestos por la Brújula Estratégica ideada por la Unión Europea, que del mismo modo busca fortalecer las capacidades de seguridad y defensa ante el rearme internacional ³⁷³⁸ y el contexto geopolítico actual. Este plan

³¹ Matthews R., Bintang Timur F. (2023).

³² Risman H. et al. (2023).

³³ Risman H. et al. (2023).

³⁴ European Union (2021).

³⁵ Risman H. et al. (2023).

³⁶ Mokodompis E. Z. et al. (2022).

³⁷ Centro Internacional de Estocolmo para la Defensa de la Paz (SIPRI) (2024).

³⁸ El País (2025).

plantea cuatro ejes principales: preparación ante amenazas, inversión sostenida en defensa, refuerzo de la colaboración y mejora de la capacidad de actuación.

Figura 11.

Pilares de la Brújula estratégica. Elaboración: Francisco Gan Pampols. Fuente: Consejo de la UE (2024).



En conclusión, este trabajo se enmarca en un contexto en el que el panorama internacional toma un papel central en la definición de estrategias logísticas y de defensa. Las directrices formuladas por organismos internacionales se encuentran en estrecha sintonía con las aportaciones de expertos del sector, y que terminan influyendo de manera significativa en la elaboración de las guías locales adaptadas a cada territorio.

En primer lugar, el desarrollo tecnológico se identifica como el eje fundamental de todo plan logístico, resultando imprescindible para la incorporación de equipos más competitivos, versátiles y eficientes. En segundo lugar, se subraya la necesidad de abordar la defensa territorial desde una perspectiva interdisciplinar, que integre conocimientos y capacidades de distintas áreas. Y, por último, aunque no haya sido priorizado por los organismos internacionales, varios expertos abogan por la creación de plataformas multifuncionales que sirvan como apoyo para operaciones militares, logísticas y administrativas. Estas infraestructuras pueden

contribuir al control del entorno marítimo, actuando como elemento disuasorio ante amenazas externas³⁹.

2.3. Demografía y Consideraciones

El tercer tipo de fuente empleada en este Trabajo de Fin de Grado (TFG) ha sido fundamental para la asignación de valores a los parámetros definidos en el modelo de optimización utilizado. Estas fuentes permiten una mejor comprensión de la demografía de Canarias, sus patrones de movilidad y otros hábitos relevantes.

En este caso, el análisis se centrará en la evacuación de residentes canarios, con Las Palmas de Gran Canaria como punto de acción principal. Por esta razón, los datos recopilados están enfocados en esta área específica. En primer lugar, se consultó información acerca de la organización general del municipio, las primeras acciones a seguir en caso de alerta, y los actores involucrados en el proceso de respuesta⁴⁰.

Además, se obtuvo información clave, como la población del municipio, que en 2024 alcanzaba los 380.436 habitantes, así como el tránsito mensual de personas en calidad de turistas⁴¹. Esta última variable es esencial para la estimación de la afluencia de personas en la localidad, información clave para implementar el modelo. Entre otros aspectos, también se ha recopilado información sobre la distribución de la población en los distintos municipios⁴². A continuación, se incluye una representación gráfica de este ejemplo estadístico.

Figura 12.

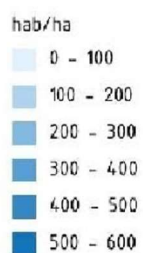
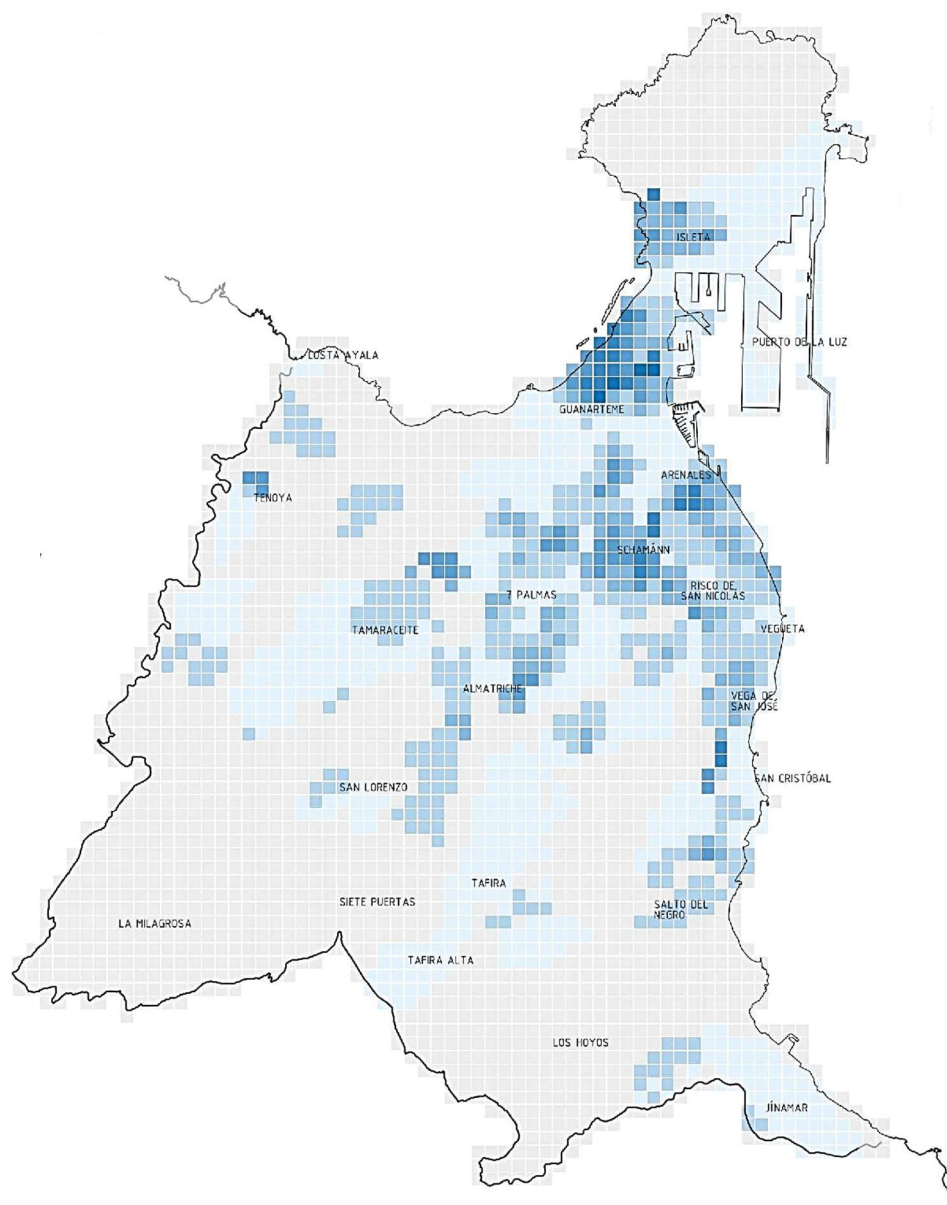
Distribución de la población. Las Palmas de Gran Canaria. Fuente: Plan de Acción Las Palmas de Gran Canaria basado en los datos del Padrón municipal 2020 del INE (2020).

³⁹ De Yoshivov S. M. Naibaho et al.(2023).

⁴⁰ Ayuntamiento de Las Palmas de Gran Canaria (2013).

⁴¹ Instituto Nacional de Estadística (INE).

⁴² Ayuntamiento de Las Palmas de Gran Canaria (2024).



Asimismo, se investigó sobre la disposición de medios de salvamento marítimo⁴³. Otros estudios considerados para la aplicación del modelo incluyen el tráfico de embarcaciones de distintos tipos, así como la distribución y características del Puerto de Las Palmas de Gran Canaria, también conocido como Puerto de La Luz, y posibles localizaciones de refugio⁴⁴. Este puerto, como punto de enlace marítimo entre tres continentes, se constituye como un nodo clave tanto a nivel nacional como internacional. Es por ello, y por su papel como motor económico de la ciudad más poblada y cosmopolita del archipiélago, por lo que se ha realizado también una búsqueda minuciosa sobre este puerto en específico⁴⁵. No obstante, también se tendrán en cuenta otros puertos estatales de Gran Canaria, como el de Las Nieves.

En capítulos posteriores, se procederá al análisis y definición de los parámetros utilizados en el modelo de optimización, basándose en la información recopilada. No obstante, esta sección tiene como objetivo ofrecer una visión general del proceso de investigación realizado y de las fuentes utilizadas, que validan los datos presentados gracias a su reconocimiento y autoridad.

2.4. Síntesis de la Literatura

La revisión de la literatura ha proporcionado una visión global y una comprensión integral de los diversos enfoques, teorías, aplicaciones y contextualizaciones relacionadas con la gestión de planes de emergencia, como el de evacuación propuesto en este proyecto, centrado en un hipotético ataque a las Islas Canarias.

A lo largo de esta revisión, se han identificado consideraciones clave para abordar de manera efectiva el desafío planteado, así como valiosas recomendaciones que sirven como guía en un contexto global, aplicables a territorios con características similares. Este análisis del contexto que abarca la defensa de un territorio se enfoca principalmente en la fase pre-desastre, que, aunque anticipada,

⁴³ Salvamento Marítimo (2024).

⁴⁴ European Maritime Safety Agency (2019).

⁴⁵ Gobierno de Gran Canaria (2025).

es esencial para una respuesta eficiente durante la emergencia. En este sentido, la implementación de iniciativas políticas se ha revelado como un factor crucial para una evacuación rápida, como lo demuestra la inversión en infraestructura⁴⁶⁴⁷.

En cuanto a la respuesta durante el desastre, los modelos y técnicas encontrados en la literatura han proporcionado la base matemática y tangible necesario para evaluar el enfoque más adecuado para abordar el caso tratado en este trabajo. Mientras algunos enfoques subrayan la importancia de integrar el comportamiento humano como una variable crucial que influirá en los resultados reales⁴⁸⁴⁹, otros dan mayor relevancia a la localización de las zonas de refugio o de abastecimiento⁵⁰. Dado que se trata de un problema con numerosas variables, el análisis de múltiples modelos contribuye a una mejor comprensión de la complejidad del tema y de los diversos aspectos involucrados en su gestión.

Las implicaciones para el diseño de un plan de evacuación en las Islas Canarias son claras: es necesario adoptar un enfoque multidisciplinario que combine diversos modelos teóricos, datos demográficos y sociales propios de la región, y tecnologías emergentes. Además, es fundamental llamar a la participación comunitaria para fortalecer así la resiliencia de las Islas Canarias⁵¹.

En conclusión, esta revisión ha puesto de manifiesto la importancia de integrar tecnologías emergentes en la optimización de los planes de evacuación, así como la necesidad de traducir los resultados obtenidos en medidas políticas y sociales que mejoren la seguridad y, por ende, la capacidad de defensa.

⁴⁶ Krutein, K. F. et al. (2022).

⁴⁷ Yann-huei Song. (2007).

⁴⁸ Lagap, U., Ghaffarian, S. (2024).

⁴⁹ Haghpanah, F. (2018).

⁵⁰ Balcik, B., Beamon, B. M. (2008).

⁵¹ Matthews R., Bintang Timur F. (2023).

CAPÍTULO 3. APLICACIÓN DEL PROYECTO

Con el objetivo de construir un modelo de evacuación riguroso y ajustado a la realidad del territorio, este capítulo se centrará en recopilar y analizar la información necesaria para definir los parámetros operativos del modelo. Dado que el estudio se circunscribe a la isla de Gran Canaria, se prestará especial atención al Puerto de Las Palmas, ubicado en el noreste de la isla. Este puerto, también conocido como Puerto de La Luz, constituye la principal infraestructura portuaria del Atlántico Medio⁵². Su posición estratégica como punto de enlace entre Europa, África y América, y su infraestructura que permite atender cualquier tipo de embarcación⁵³, lo ha consolidado como un centro logístico de primer nivel, con más de una treinta líneas marítimas que conectan con más de 180 puertos a nivel mundial.

Figura 13.

*Mapa de todos los puertos con los que el Puerto de Las Palmas mantiene líneas marítimas. Fuente: Autoridad Portuaria de Las Palmas – Líneas Regulares (2025).
Elaboración propia*



⁵² Autoridad Portuaria de Las Palmas (2025)

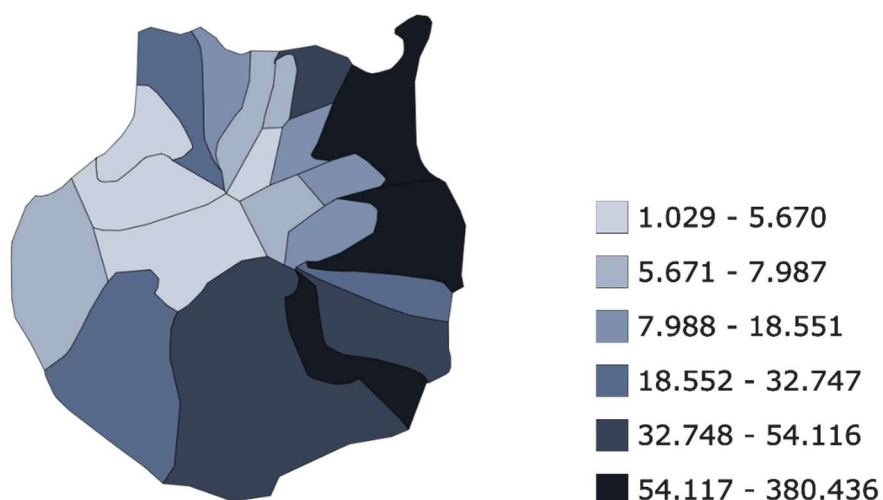
⁵³ Cabildo de Gran Canaria (s.f.)

3.1. Contexto geográfico y demográfico

La isla de Gran Canaria está situada en el océano Atlántico y forma parte de la comunidad autónoma de Canarias, España. En 2024, su población rondaba los 875.200 habitantes. En la figura siguiente se representa la distribución demográfica por municipios:

Figura 14.

Cifras oficiales de población de los municipios españoles. Fuente: INE (2025).



De entre todos los municipios de la isla, destaca Las Palmas de Gran Canaria, no sólo por ser el más poblado, sino también por albergar el puerto que constituye el eje central del presente estudio. Según el último censo de 2024, este municipio cuenta con 380.436 habitantes⁵⁴. A partir de esta cifra y considerando la superficie del municipio, se estima una densidad de población de 3.701,8 habitantes por kilómetro cuadrado⁵⁵.

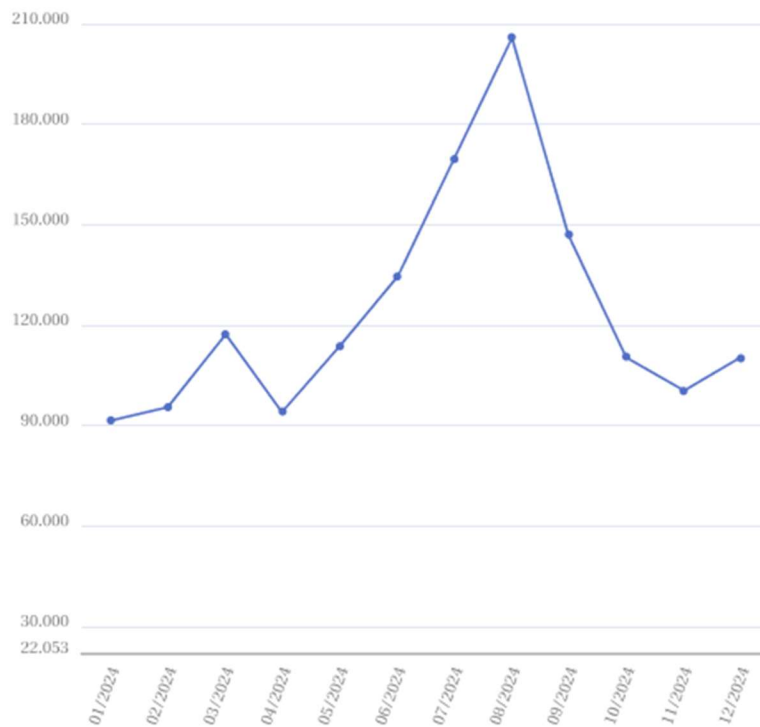
Desde el punto de vista demográfico, y con el objetivo de dimensionar correctamente la demanda de evacuación, resulta pertinente considerar la variación estacional de la población en la isla, especialmente durante los periodos de alta afluencia turística. A continuación, se presentan dos gráficos que recogen el volumen mensual de pasajeros en el Puerto de La Luz, diferenciando entre transporte regular y turismo de cruceros:

⁵⁴ INE (2025)

⁵⁵ UrbiStat (2022)

Figura 15.

Tráfico de pasajeros de transporte regular en el Puerto de La Luz durante 2024 (mensual). Fuente: ISTAC (2025).

**Figura 16.**

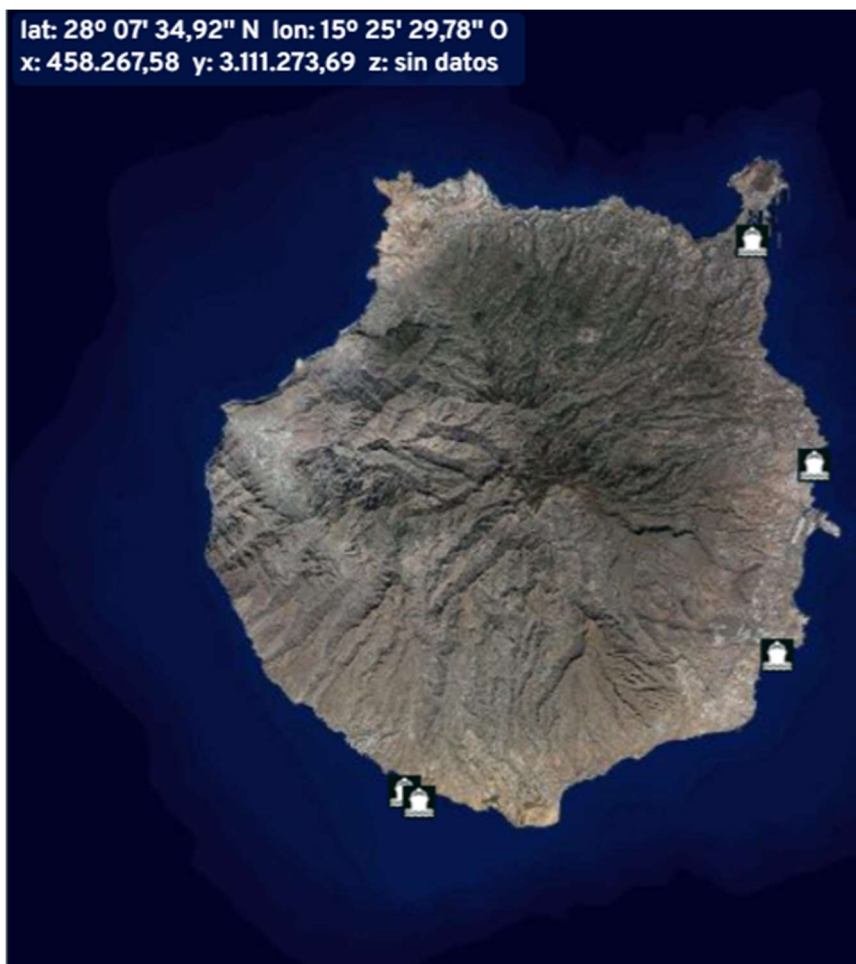
Tráfico de pasajeros en ámbito de crucero en el Puerto de La Luz durante 2024 (mensual). Fuente: ISTAC (2025).



La isla de Gran Canaria cuenta con diversos puntos de acceso marítimo distribuidos a lo largo de su litoral. En la figura siguiente se presenta un mapa que muestra la localización de los puertos de titularidad estatal situados en la isla.

Figura 17.

Mapa de los Puertos del Estado de la isla de Gran Canaria. Fuente: GRAFCAN (2025).



No obstante, para este estudio se han seleccionado tres puertos como elementos clave en la operación: el Puerto de Las Palmas, el Puerto de Arinaga y el Puerto de Agaete. De entre ellos, el primero continúa siendo el principal canalizador de la evacuación, gracias a la diversidad y calidad de sus infraestructuras y servicios.

Por su parte, el Puerto de Arinaga, de carácter industrial, podría ser adaptado en una situación de emergencia para funciones logísticas y militares. Asimismo, el Puerto de Agaete, también conocido como Puerto de Las Nieves, serviría como infraestructura de apoyo para evitar la saturación del Puerto de Las Palmas.

3.2. Infraestructura portuaria disponible

El análisis de la infraestructura portuaria existente en la isla se consolida como punto clave en la determinación de la viabilidad operativa de la evacuación marítima.

Actualmente, el Puerto de Las Palmas dispone de cerca de 16 kilómetros de línea de atraque, distribuidos entre sus distintos muelles, con calados que varían entre los 3 y los 45 metros de profundidad. Uno de sus elementos más destacados es el Muelle Nelson Mandela, que en el plano figura como dique, pero que está siendo transformado en muelle operativo mediante obras cuya finalización está prevista para junio de 2025⁵⁶. Además de éste, el Puerto de La Luz cuenta con otros 15 muelles.

El Puerto de La Luz se configura como un puerto multipropósito: comercial, pesquero, de cruceros, con servicios de bunkering, carga de contenedores, reparaciones navales, tráfico de pasajeros y una zona reservada para uso militar por parte de la Armada Española.

Figura 18.

Plano Puerto de Las Palmas. Fuente: Autoridad Portuaria de Las Palmas (2025).



⁵⁶ Fuente: Puertos de Canarias (2025).

Durante el año 2024, se alcanzaron cifras récord en la actividad del puerto. El tráfico de contenedores superó los 1,2 millones de TEUs, se contabilizó la llegada de 12.743 buques y el número de pasajeros de cruceros ascendió a 1,5 millones, lo que representa un incremento del 46 % respecto al año anterior⁵⁷.

Asimismo, como se ha mencionado anteriormente, los puertos de Arinaga y Agaete también han sido considerados para canalizar la evacuación. Sin embargo, se trata de infraestructuras portuarias de menor tamaño, por lo que su capacidad operativa es más limitada. El Puerto de Arinaga, ubicado entre los municipios de Agüimes y Santa Lucía de Tirajana, dispone de dos muelles: Arinaga y Agüimes⁵⁸. Por su parte, el Puerto de Las Nieves, en Agaete, cuenta con un único muelle.

Figura 19.

Puerto de Arinaga (2025). Fuente: Google Maps.



⁵⁷ Puertos del Estado (2025).

⁵⁸ Autoridad Portuaria de Las Palmas (2016).

Figura 20.
Puerto de Las Nieves (2025) Fuente: Guías Masmar.



3.3 Inventario de recursos marítimos

En la fase de evacuación marítima se movilizarían diversos recursos navales, tanto civiles como militares, disponibles en el Archipiélago Canario. Dada la naturaleza imprevista del suceso y la necesidad de una respuesta inmediata, resulta fundamental contar con medios ya presentes en la región. A continuación, se describe un inventario preliminar de embarcaciones que podrían participar en la operación, clasificadas según su tipología y su procedencia.

Por parte del Estado, se cuenta con recursos de la Armada Española, desplegados en el archipiélago a través del Mando Naval de Canarias, con base en el Arsenal de Las Palmas. Este arsenal ofrece instalaciones para el mantenimiento y apoyo de unidades navales, así como servicios portuarios para los buques de la Armada. Entre los activos destacables se encuentran los patrulleros de altura de la clase Meteoro (BAM)⁵⁹, diseñados para misiones de vigilancia marítima, protección del tráfico mercante, lucha contra el narcotráfico y operaciones humanitarias. Estas

⁵⁹ Ministerio de Defensa (2023).

embarcaciones pueden operar con helicópteros y cuentan con capacidad para transportar personal y equipos en condiciones adversas.

También podrían participar unidades del Servicio Marítimo de la Guardia Civil, dependientes de la Comandancia de Las Palmas. Estas incluyen embarcaciones como las patrulleras de altura, que prestan servicio habitual en aguas próximas a Gran Canaria y Fuerteventura. Están preparadas para la asistencia en situaciones de emergencia, transporte de personal y coordinación con otras agencias de seguridad.

Asimismo, se contempla la participación de medios de Salvamento Marítimo, como los buques remolcadores, embarcaciones rescate tipo *Salvamar* y patrulleras de salvamento tipo *Guardamar*⁶⁰. Estas embarcaciones están equipadas para misiones de búsqueda y rescate, atención médica básica y evacuación de personas en situaciones de emergencia.

Figura 21.
Medios de Salvamento Marítimo (2024). Fuente: Salvamento Marítimo.



⁶⁰ Salvamento Marítimo (2024).

Por otra parte, podrían incorporarse medios civiles mediante colaboración público-privada o mediante requisa temporal en caso de declaración de emergencia. En este ámbito se pueden distinguir principalmente dos sectores: el transporte de pasajeros y el transporte de mercancías. A continuación, se presenta un resumen de los principales operadores de la zona y los recursos de los que disponen⁶¹:

Tabla 1.

Principales operadores de embarcaciones marítimas en las islas Canarias.

Elaboración propia.

Empresa	Tipo	Rutas Principales	Inventario
Fred. Olsen Express ⁶²	Pasajeros + vehículos	Gran Canaria con Tenerife, Fuerteventura y La Gomera	2 ferris, 8 ferris de alta velocidad, 2 mini ferris, 2 buques ro-ro
Naviera Armas / Trasmediterránea ⁶³	Pasajeros + carga	Gran Canaria con Península, Lanzarote y Tenerife	12 ferris, 5 ferris de alta velocidad, 1 freighter
Boluda Lines ⁶⁴	Contenedores, carga rodada	Conexiones regulares con la Península y África	16 buques (en total)
OPDR/CMA-CGM ⁶⁵	Contenedores	Línea europea	Más de 650 buques (en total)
MSC ⁶⁶	Contenedores y cruceros	Madeira e Islas Canarias	900 buques, 6 cruceros turísticos

Adicionalmente, gracias a un convenio con Cruz Roja, se dispone de 42 embarcaciones de salvamento ligeras⁶⁷.

⁶¹ Puerto de Las Palmas (2025).

⁶² Fred. Olsen (s.f.).

⁶³ Naviera Armas (s.f.).

⁶⁴ Boluda Corporación Marítima (s.f.).

⁶⁵ CMA-CGM (s.f.).

⁶⁶ Fuente sobre los buques: The Loadstar (2025), fuente sobre los cruceros turísticos: MSC cruceros (2025).

⁶⁷ Salvamento Marítimo (2024).

3.4 Distancias Náuticas entre puertos

Las distancias náuticas entre los puertos de la isla de Gran Canaria y los de otras islas son un elemento clave para estimar los tiempos de travesía entre localizaciones. Se emplean distancias náuticas, ya que la distancia directa entre puntos puede verse alterada por la presencia de corrientes marinas u otras masas de tierra que modifican el trayecto real⁶⁸.

Tabla 2.

Distancias en millas náuticas entre puertos más cercanos a Gran Canaria.

Elaboración propia.

Distancias (millas náuticas)	Puerto de Las Palmas	Puerto Arinaga	Puerto Agaete⁶⁹
Puerto de Santa Cruz de Tenerife (Tenerife)⁷⁰	58,0	56,1	34,5
Puerto de Los cristianos (Tenerife)	92,0	71,3	54,0
Puerto del Rosario (Fuerteventura)	105,0	90,0	100,4
Puerto de Arrecife (Lanzarote)	133,0	118,1	125,8
Puerto de San Sebastián de la Gomera (La Gomera)	107,0	92,1	74,0
Puerto de Santa Cruz de La Palma (La Palma)	143,0	135,1	113,9
Puerto de la Estaca (El Hierro)	148,0	134,4	117,7
Puerto de Tarfaya (Marruecos)⁷¹	60,0	131,7	147,9

⁶⁸ Krutein, K.F. et al (2022).

⁶⁹ Las distancias fueron estimadas mediante líneas rectas utilizando la herramienta Google My Maps (s.f.), salvo en el caso del Puerto de Santa Cruz de Tenerife, cuya ruta corresponde al trayecto marítimo real.

⁷⁰ La distancia Puerto de Santa Cruz de Tenerife – Puerto de Arinaga se obtuvo a través de Omio (2025); la distancia Puerto de Santa Cruz de Tenerife – Puerto de Agaete se estimó mediante Ferryhopper (2025).

⁷¹ La distancia Puerto de Tarfaya – Puerto de Arinaga fue calculada utilizando Google My Maps (s.f.) mediante el trazo de una línea recta.

La tabla anterior recoge información de interés sobre las distancias entre los principales puertos de Gran Canaria y los puertos más cercanos⁷². Se incluye también el puerto de Tarfaya (Marruecos), que, si bien no pertenece al territorio español, ha sido incorporado debido al reciente fortalecimiento de las relaciones bilaterales entre ambos gobiernos⁷³ y a su proximidad geográfica con la isla.

Dado que se estima que el volumen de personas a evacuar desde el Puerto de Arinaga y el Puerto de Agaete será considerablemente inferior al del Puerto de Las Palmas, este último se identifica como el principal cuello de botella de la operación. Por ello, con el objetivo de reducir el tiempo total de evacuación, es previsible que el Puerto de Las Palmas priorice las rutas hacia los destinos más cercanos.

3.5 Embarcaciones disponibles para la evacuación

Con el objetivo de llevar a cabo una evacuación masiva, la autoridad competente debe disponer de diversos tipos de embarcaciones, cada una con características y capacidades específicas que las hacen adecuadas para este tipo de operación.

En primer lugar, los ferris convencionales son especialmente útiles en este tipo de operaciones de evacuación masiva, ya que tienen una alta capacidad de carga, pudiendo transportar entre 1.500 y 2.000 personas, además de vehículos.

En segundo lugar, los buques ro-ro (*roll-on/roll-off* o de carga rodada) son idóneos para el transporte de vehículos militares, maquinaria de apoyo y civiles, gracias a su gran capacidad de carga y la facilidad con la que pueden embarcar y desembarcar vehículos.

Asimismo, los buques militares tipo LPD (*Landing Platform Dock*), empleados comúnmente en operaciones de desembarco, pero también adecuados para la evacuación de personal, son ventajosos por su autonomía logística y su capacidad

⁷²Según el Instituto Hidrográfico de la Marina (s.f.), las distancias oficiales entre puertos consideran el trayecto real que deben seguir las embarcaciones.

⁷³ Gobierno de Canarias (2023).

para operar conjuntamente con unidades aéreas. Estos buques pueden albergar tanto lanchas de desembarco como helicópteros⁷⁴. Ejemplos representativos son el buque Juan Carlos I y el buque Galicia. Sin embargo, debido a la incertidumbre respecto a su localización y disponibilidad en el momento del ataque, no se incluirá como recurso para esta operación.

Por otro lado, los cruceros turísticos también pueden ser empleados en estas situaciones, ofreciendo una capacidad de alojamiento de entre 2.000 y 4.000 personas, lo que los convierte en una opción idónea en situaciones de emergencia⁷⁵.

Finalmente, otras embarcaciones menores, como las operadas por Salvamento Marítimo, pueden ofrecer apoyo puntual en tareas de evacuación, rescate o traslado de personas.

Como se ha mencionado, se asume que la isla de Gran Canaria deberá afrontar la crisis con medios propios. No obstante, debido a la proximidad de las islas vecinas y sus puertos, los recursos disponibles en estos territorios podrían ser incorporados a la operación, favoreciendo una respuesta rápida. En consecuencia, el modelo de optimización asumirá la disponibilidad de recursos tanto en Gran Canaria como en los enclaves más próximos.

Además, la autoridad encargada del operativo puede disponer de recursos nacionales y regionales próximos a la zona afectada, así como de medios adicionales en virtud de la Ley Orgánica 4/1981, que permite la requisición de embarcaciones privadas en caso de declaración de estado de alarma⁷⁶. Por tanto, a efectos de planificación, se asumirá la disponibilidad de una parte del inventario del Estado, junto con el inventario de las principales navieras operativas en la zona.

A continuación, se detalla la información recopilada sobre embarcaciones potencialmente disponibles para la evacuación:

⁷⁴ Ideal (2022).

⁷⁵ Escala Barcelona (2018).

⁷⁶ Ley Orgánica 4/1981, de 1 de junio.

Tabla 3.

Inventario de recursos navales y marítimos durante la evacuación. Elaboración propia.

Tipo de embarcación	Operadores	Cantidad	Total	Puertos de atraque⁷⁷
Ferri convencional	Fred. Olsen Express	2	14	Todos los puertos
	Naviera Armas / Trasmediterránea	12		
Ferri rápido	Fred. Olsen Express	10	15	Todos los puertos
	Naviera Armas / Trasmediterránea	5		
Buques ro-ro	Fred. Olsen Express	2	7	Todos los puertos
	Boluda Lines ⁷⁸	4		
	Naviera Armas / Trasmediterránea	1		
Cruceros	MSC cruceros	5	5	Todos los puertos excepto Tarfaya
Embarcaciones de salvamento	Salvamento Marítimo	18	18	Todos los puertos excepto Tarfaya

Dado que todos los tipos de embarcaciones considerados son compatibles con los puertos analizados, no será necesario incorporar ningún parámetro adicional en la formulación matemática que se desarrolla en el siguiente capítulo.

⁷⁷ Navieras Armas, Fred. Olsen Express, Transmediterránea, Puertos del Estado (España) (2025)

⁷⁸ La cantidad especificada es una estimación basada en el seguimiento del tráfico marítimo, del cual se desprende que Boluda Lines mantiene una rotación activa de al menos 4 buques tipo ro-ro en sus rutas interinsulares. Por este motivo, se ha adoptado este valor como referencia, al tratarse del más restrictivo desde el punto de vista operativo.

3.6 Caracterización técnica y operativa de los recursos marítimos

Para poder especificar adecuadamente el modelo matemático de evacuación, ha sido necesario definir con precisión los parámetros técnicos de las embarcaciones involucradas.

Con este fin, se ha llevado a cabo un proceso de recopilación de información técnica procedente de fuentes oficiales, institucionales y especializadas del sector marítimo. Los aspectos considerados incluyen la velocidad máxima y operativa de cada embarcación, la capacidad de pasaje y de carga, la dotación mínima de tripulación requerida para operar con seguridad, así como los tiempos estimados tanto de embarque como de desembarque de pasajeros.

Toda la información empleada para esta caracterización técnica ha sido debidamente documentada y se encuentra recogida en el Anexo I. Este anexo proporciona las referencias detalladas de cada una de las fuentes utilizadas, permitiendo así garantizar la trazabilidad, la fiabilidad de los datos empleados y la reproducibilidad del modelo.

Del mismo modo, se ha considerado necesario estimar los costes operativos asociados al despliegue de cada tipo de embarcación. Estos costes se han clasificado en dos categorías:

- Costes fijos, que incluyen aquellos costes que no varían con la distancia recorrida.
- Costes variables, definidos como aquellos que dependen directamente del uso operativo de las embarcaciones.

La estimación completa de estos costes se presenta en el Anexo II, donde se detallan los supuestos adoptados, los valores unitarios considerados y la metodología empleada para su cálculo.

3.7 Conexión del puerto

Para la elaboración del plan de evacuación, resulta igualmente imprescindible considerar los accesos terrestres a los distintos muelles desde los diversos puntos de la isla. En este sentido, las infraestructuras viales desempeñan un papel clave, ya que permiten canalizar el flujo de personas hacia los puntos de embarque de manera ordenada y eficiente, contribuyendo a minimizar los tiempos de desplazamiento y a evitar cuellos de botella en la operación.

A continuación, se presenta un mapa de la red viaria de Gran Canaria, el cual permite identificar las principales rutas de acceso terrestre disponibles en la isla, así como su conexión con los puertos habilitados para la evacuación.

Figura 22.

Callejero turístico de la isla de Gran canaria. Fuente GRAFCAN (2025).



Del mismo modo, un análisis más detallado del municipio de Las Palmas de Gran Canaria permite observar el entramado urbano que rodea el Puerto de La Luz, principal infraestructura portuaria de la isla y nodo estratégico para la evacuación marítima. La existencia de múltiples accesos por carretera a esta zona portuaria favorece la concentración de personas en los puntos de embarque en caso de emergencia, lo que refuerza su idoneidad como centro logístico de la operación. En

particular, el puerto está bien comunicado con la zona metropolitana, así como con el este y el sur de la isla, a través de las autopistas GC-1 y GC-3.

Figura 23.

Red vial en la zona del Puerto de La Luz. Fuente: GRAFCAN (2025).



Por su parte, el Puerto de Agaete dispone de buenas comunicaciones con el norte de la isla y con la capital lo que le permite asumir un papel complementario dentro del proceso de evacuación. En cuanto al Puerto de Arinaga, este se encuentra conectado con el resto del territorio insular a través de la autopista GC-1⁷⁹, lo que facilita su integración en la red logística de apoyo a la evacuación.

3.8 Capacidad de autoevacuación

Para estimar el número de embarcaciones privadas potencialmente disponibles, y por tanto la capacidad de la población para autoevacuarse, se han

⁷⁹ Autoridad Portuaria de Las Palmas (2021)

considerado únicamente las embarcaciones en régimen de concesión, dado que la disponibilidad de las de tránsito resulta incierta.

Se parte de la hipótesis de que todas las embarcaciones concesionadas en el Puerto Deportivo de Las Palmas estarían operativas y podrían ser empleadas en una evacuación de emergencia. En concreto, se contabilizan 73 embarcaciones en la dársena N y 46 en la dársena M, lo que arroja un total de 119 unidades disponibles en dicho puerto.

Figura 24.

Dársena de embarcaciones menores. Puerto de Las Palmas (2025). Fuente: Marina Las Palmas Puerto Deportivo.



En cuanto al Puerto de Arinaga, dado que fue concebido principalmente como una infraestructura orientada a actividades industriales, se considera que no dispone

de embarcaciones menores privadas en régimen de concesión⁸⁰. Por el contrario, el Puerto de Agaete sí que cuenta con un muelle pesquero, exclusivo para la cofradía local, con capacidad aproximada para 15 embarcaciones. Además, en la zona adyacente se encuentra un área de atraque para embarcaciones menores de recreo, cuya capacidad se estima en torno a 10 unidades. En total, por tanto, este puerto contaría con aproximadamente 25 embarcaciones menores⁸¹.

Teniendo en cuenta que la capacidad de las embarcaciones varía en función de su tipología, pero suponiendo como promedio una capacidad estimada de 5 pasajeros por unidad, se calcula que la población de la isla de Gran Canaria podría evacuar de manera autónoma a unas 720 personas mediante el uso de embarcaciones privadas.

3.9 Zonas de refugio

Por último, un aspecto clave dentro de la planificación de la evacuación es la identificación y habilitación de zonas de refugio, es decir, espacios seguros a los que pueda ser trasladada la población y donde se garantice su protección y bienestar básico durante la emergencia.

Las autoridades competentes definen como refugios aquellos lugares capaces de albergar a un número elevado de personas, y que cuenten con condiciones mínimas de habitabilidad, como suministro eléctrico, acceso a agua potable, instalaciones sanitarias y capacidad para proporcionar alimentos y cobijo. En este sentido, pueden considerarse aptos distintos tipos de infraestructuras como hoteles, residencias, centros educativos, almacenes o hangares, siempre que reúnan los requisitos técnicos y logísticos necesarios.

El Archipiélago Canario cuenta con diversas localizaciones que podrían ser habilitadas como albergues temporales en caso de una evacuación masiva. A ello se sumaría previsiblemente el apoyo de organizaciones humanitarias como Cruz Roja,

⁸⁰ Puertos de Las Palmas (2018)

⁸¹ Guías Masmár (2024)

que podría colaborar en las labores de acogida a través de sus delegaciones y recursos disponibles en islas como Tenerife, Lanzarote o Fuerteventura⁸².

En concreto, en la isla de Tenerife, desde el puerto de Santa Cruz, los evacuados podrían ser alojados en infraestructuras deportivas y pabellones municipales de gran capacidad situados en las inmediaciones, ya identificados por los planes de protección civil como espacios aptos para emergencias⁸³. En La Palma, destaca el Acuartelamiento de El Fuerte cuyas instalaciones ya han sido empleadas con éxito en situaciones de emergencia humanitaria⁸⁴. También podrían habilitarse otros espacios como el pabellón municipal Severo Rodríguez o el IES Alonso Pérez Díaz, que disponen de las condiciones necesarias para actuar como refugio.

Por su parte, en la isla de La Gomera, los evacuados llegados al puerto de San Sebastián podrían ser acogidos en la residencia escolar de San Sebastián de La Gomera⁸⁵ y el polideportivo de Las Galanas, así como en la residencia de estudiantes de San Sebastián⁸⁶, entre otros, todos ellos con capacidad y equipamiento suficiente para este fin.

En cuanto a la provincia de Las Palmas, la isla de Fuerteventura dispone de varios espacios adecuados para acoger a personas desplazadas, como el Centro de Atención Temporal de Extranjeros (CATE)⁸⁷, el pabellón Oasis o el antiguo acuartelamiento de El Matorral, que reúnen los requisitos establecidos por los planes de contingencia. En Lanzarote, podrían utilizarse las instalaciones del programa de atención humanitaria del centro de Montaña Mina⁸⁸, la Ciudad Deportiva de Lanzarote en Arrecife, el pabellón municipal de Tías o el CEIP La Destila, todos ellos con la capacidad y recursos necesarios.

⁸² Cruz Roja (s.f.).

⁸³ Ayuntamiento Santa Cruz de Tenerife (2015).

⁸⁴ El Mundo (2021).

⁸⁵ Ayuntamiento de San Sebastián de La Gomera (s.f.), cap.5.

⁸⁶ Ayuntamiento de San Sebastián de La Gomera (s.f.), anexo 3.

⁸⁷ Diario de Fuerteventura (2024).

⁸⁸ Accem (2024).

3.10 Conclusiones

Este capítulo ha tenido como objetivo recopilar y estructurar la información necesaria para definir el contexto operativo en el que tendría lugar la evacuación. Para ello, se han analizado distintos elementos clave que permiten establecer los parámetros fundamentales del modelo que se desarrollará en el siguiente capítulo. Entre estos parámetros destacan los recursos disponibles, los puertos de origen y destino de la evacuación, así como otras variables logísticas relevantes.

En consecuencia, este capítulo resulta esencial, ya que delimita las condiciones específicas del caso de estudio —un ataque en la isla de Gran Canaria— y, por tanto, diferencia este proyecto de otros escenarios posibles. Además, los valores definidos aquí tendrán un impacto directo en los resultados del modelo, afectando tanto a la viabilidad como a la eficacia de la respuesta.

En los próximos capítulos se empleará toda la información recopilada en este apartado como base para el desarrollo y la implementación del código utilizado.

CAPÍTULO 4. FORMULACIÓN MATEMÁTICA

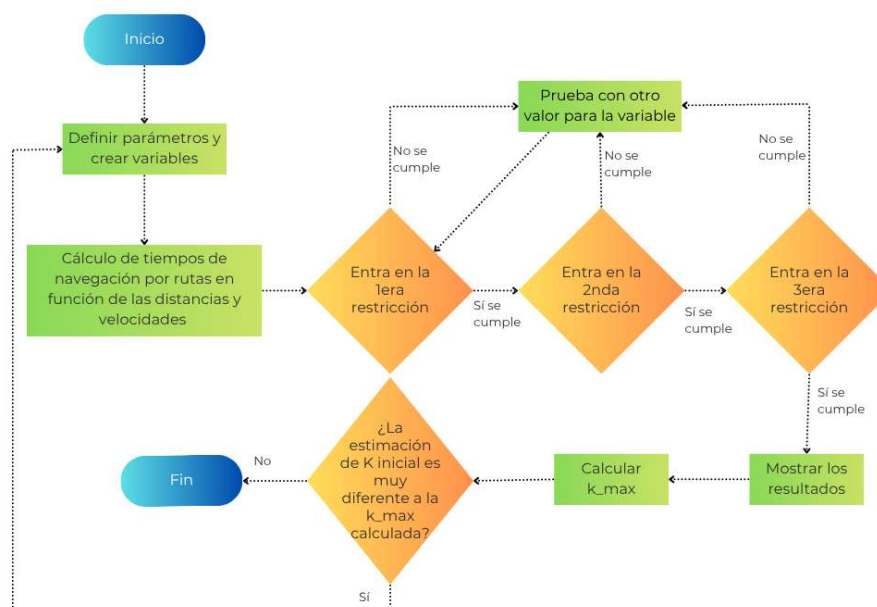
El objetivo de este capítulo es especificar el plan logístico de evacuación de la isla de Gran Canaria mediante recursos marítimos, a través de una formulación matemática. En la práctica, esto se traduce en el planteamiento de un modelo que permita minimizar el tiempo total necesario para evacuar a la población.

La base del modelo es la propuesta de Krutein y Goodchild, que se formula como un problema de programación mixta-entera y proporciona como solución tanto la flota como ruta óptimas para un escenario definido. No obstante, sobre este modelo se han introducido modificaciones sobre dicho modelo original, con el fin de adaptarlo de forma más precisa a las condiciones particulares del caso de estudio planteado.

El modelo ha sido implementado utilizando el software MATLAB R2025a⁸⁹, y su estructura se presenta a continuación.

Figura 25.

Diagrama de flujo del código de optimización. Elaboración propia.



⁸⁹ Las restricciones son de la formulación D-ICEP, la función objetivo utilizada es la de la formulación S-ICEP y adicionalmente se han añadido dos parámetros pf y pv , así como una restricción que incluye dichos parámetros.

Como se muestra en la Figura 1, el código ejecuta un ciclo iterativo en el que se prueban diferentes combinaciones de valores para las variables de decisión, evaluando en cada caso el cumplimiento de un conjunto de restricciones. En el diagrama solo se han incluido, a modo ilustrativo, tres restricciones, pero en la implementación completa se consideran todas las restricciones definidas a continuación.

El proceso sigue una lógica condicional. Si los valores actuales de las variables satisfacen una restricción, el código continúa evaluando el siguiente, pero si, por el contrario, alguna restricción no se cumple, el bucle se reinicia con nuevos valores, volviendo a la primera restricción.

Uno de los parámetros clave del modelo es el número de trayectos posibles para cada recurso, representado por la variable K . Aunque su valor inicial es una estimación, un valor excesivamente alto puede aumentar significativamente el tiempo de resolución. Por el contrario, un valor demasiado bajo puede impedir alcanzar soluciones óptimas o factibles.

Por ello, una vez obtenidos los resultados, es importante revisar el valor final de K y ajustarlo si es necesario, para garantizar que la solución obtenida sea tanto viable como eficiente.

4.1. Suposiciones

Para la formulación del modelo determinista D-ICEP (*Deterministic mixed-integer programming formulation*), se han considerado las siguientes premisas como ciertas:

- **Necesidad de evacuación marítima:** Los efectos del ataque hacen necesaria la evacuación completa de la isla. El transporte terrestre solo se emplea para que la población pueda desplazarse hasta los puntos habilitados para el embarque. Dado que la mayoría de las personas no dispone de recursos

propios para llevar a cabo la evacuación marítima, esta debe realizarse fundamentalmente mediante recursos externos.

- **Planificación centralizada:** Existe una entidad central con plena autoridad para planificar y coordinar la flota de recursos de evacuación, exceptuando los medios de transporte privados.
- **Características de los recursos:** Los recursos de evacuación difieren en sus capacidades en términos de coste de contratación, coste operativo variable, capacidad de carga, velocidades de viaje con y sin carga, tiempos de carga, tiempo hasta su disponibilidad, ubicaciones iniciales y su compatibilidad con los posibles puntos de recogida refugios disponibles.
- **Operativa de los recursos:** Los recursos de evacuación se desplazan entre puntos de recogida y refugios hasta que la población sea evacuada, finalizando la operación en una ubicación de refugio.
- **Itinerarios simplificados:** Cada recurso realiza en cada viaje un trayecto entre un único punto de recogida y un único refugio.
- **Localizaciones conocidas:** Se conocen las ubicaciones iniciales de los recursos, así como los puntos de recogida y los refugios.
- **Disponibilidad de los evacuados:** La población a evacuar está presente en los puntos de recogida en el momento de llegada de los recursos. El transporte hasta los puntos de recogida queda fuera del alcance del modelo, por lo que no se consideran tasas de llegada de evacuados.
- **Seguridad de los evacuados:** Se asume que los evacuados están a salvo una vez han sido llevados a un refugio. Los recursos operan de forma continua, sin pausas o tiempos muertos.
- **Accesibilidad y disponibilidad operativa:** Los recursos son aptos para evacuar a todo tipo de personas, incluidas aquellas con movilidad reducida y menores. Asimismo, se considera que estarían plenamente disponibles y operativos en el momento necesario, sin requerir tiempo adicional para su activación o puesta en marcha.
- **Capacidades infinitas:** Los puntos de recogida y los refugios se consideran de capacidad ilimitada.

- **Dependencia temporal de la demanda:** La demanda de evacuación varía según el mes en que ocurra la emergencia, ya que depende tanto de la población residente como del flujo de personas en tránsito (por negocios o turismo). Asimismo, se asume que el número total de personas en tránsito coincide con el volumen de personas que acceden a la isla a través del Puerto de La Luz, al ser este el principal puerto de Gran Canaria.
- **Capacidad de autoevacuación invariable:** La capacidad de autoevacuación se considera constante a lo largo del año, ya que se asume que solo los residentes permanentes disponen de medios propios para evacuar, independientemente de la temporada.
- **Estabilidad demográfica:** Se considera que no se producen variaciones significativas en el número de residentes y el volumen de tránsito de pasajeros de un año a otro. Por tanto, se emplean los datos recopilados para el año 2024.

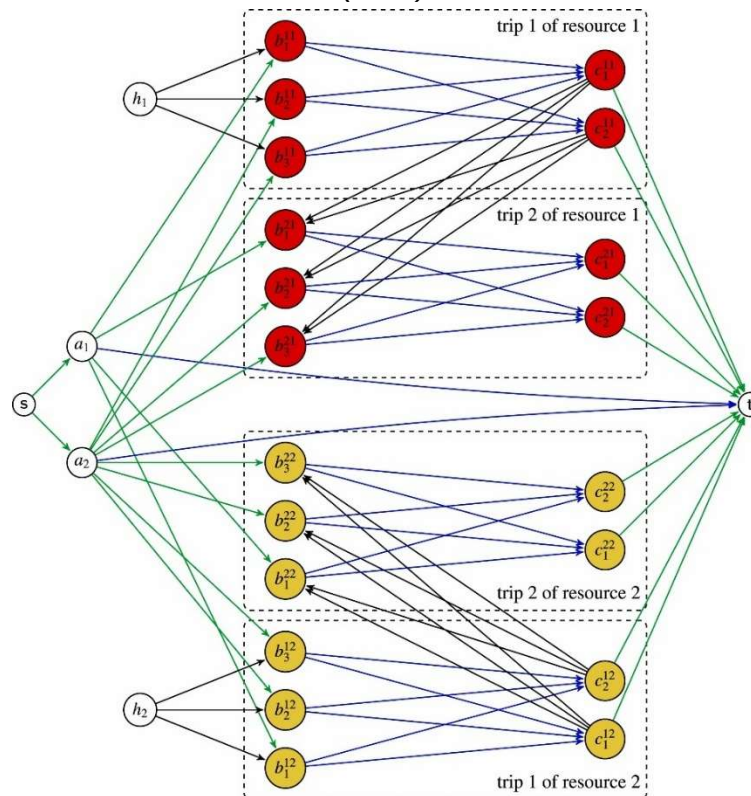
4.2. Formulación matemática del modelo

La formulación que se presenta a continuación se inspira en el modelo de Krutein y Goodchild, adaptado al caso de evacuación marítima de la isla de Gran Canaria. A continuación se expone la notación empleada para describir los distintos componentes del modelo.

Este modelo se fundamenta a su vez en el modelo de red propuesto por Nguyen y Dupuis para la evacuación de poblaciones mediante transporte colectivo. Dicho modelo estructura la evacuación como un flujo a través de una red de nodos y arcos, donde los nodos representan localizaciones clave y los arcos representan los trayectos posibles entre estos nodos, a los que se asocian tiempos o costes. La dinámica del modelo consiste en optimizar el flujo de personas a lo largo de esta red para minimizar el tiempo total de evacuación.

Figura 26.

Esquema del modelo D-ICEP de Krutein y Goodchild. Fuente: Krutein y Goodchild (2022).



4.2.1. Conjuntos

En esta sección se definen los conjuntos fundamentales que estructuran el modelo matemático. Estos permiten organizar los elementos del problema y sirven para la definición de parámetros, variables y restricciones.

4.2.1.1 Conjuntos principales

- I : Conjunto de recursos de evacuación disponibles (por ejemplo, ferris convencionales, cruceros turísticos, embarcaciones de salvamento marítimo, etc.) para su uso público.
- K : Conjunto de recorridos potenciales que realiza cada recurso a lo largo del horizonte temporal considerado (ida y vuelta).
- A : Conjunto de áreas geográficas desde las cuales se debe evacuar la población (municipios de Gran Canaria).

- ***B***: Conjunto de puntos de recogida, situados en las áreas de evacuación (Puerto de La Luz, Puerto de Arinaga y Puerto de Las Nieves).
- ***C***: Conjunto de puntos de desembarco en zonas seguras, definidos como los puertos de territorios cercanos considerados no afectados por el ataque.
- ***H***: Conjunto de ubicaciones iniciales de los recursos al inicio del modelo. Dado el carácter inesperado del ataque, se considera que las embarcaciones pueden encontrarse atracadas en cualquier puerto del archipiélago canario, ya sea en Gran Canaria o en otra isla, e incluso en tránsito hacia o alejándose de la isla. Para reflejar esta incertidumbre, la posición inicial de los recursos se ha asignado aleatoriamente entre los puertos disponibles del archipiélago.
- ***S***: Conjunto de estados de carga de los recursos:
 - $s = 1$: embarcación cargada
 - $s = 2$: embarcación vacía
- ***U***: Conjunto de tipos de población en tránsito:
 - $u = 1$: pasajero regular
 - $u = 2$: pasajero en régimen de turista
- ***M***: Conjunto de intervalos mensuales.

4.2.1.2 Conjunto de arcos Λ

Se define el conjunto de arcos Λ como la unión entre subconjuntos que representan distintos trayectos logísticos de la red de evacuación.

Arcos de evacuación con recursos (pasajeros):

- $\Lambda_\alpha = \{(s, a)\}$: desde la fuente s (source⁹⁰) hacia el área de evacuación a . Simboliza la existencia de la demanda de evacuación y por tanto no se le asocia coste.
- $\Lambda_\beta = \{(a, b)\}$: desde el área a hasta el punto de recogida b en el viaje k del recurso i . Representa el movimiento interno necesario para alcanzar los puntos habilitados para el embarque marítimo y su coste es nulo⁹¹.

⁹⁰ Según el modelo de Nguyen-Dupuis.

⁹¹ El coste nulo se justifica en base a las suposiciones establecidas al inicio de este capítulo, en particular la relativa a la “Disponibilidad de los evacuados”.

- $\Lambda_\gamma = \{(b, c)\}$: del punto de recogida b al punto de entrega c en el viaje k del recurso i . Representa el transporte marítimo de pasajeros hacia los refugios, por lo tanto el coste del arco es el tiempo empleado en recorrer el trayecto.
- $\Lambda_\delta = \{(c, b)\}$: del punto de entrega c al punto de recogida b , por lo tanto supone el regreso al punto de recogida inicial del recorrido k . Representa el trayecto marítimo de vuelta al punto de recogida desde el que partió y el coste vuelve a ser el tiempo necesario para recorrerlo.
- $\Lambda_\zeta = \{(c, t)\}$: del punto de entrega c al nodo sumidero t (tail⁹²). Este arco indica que los pasajeros evacuados han sido puestos a salvo, lo que no conlleva coste en el modelo.

Arcos de suministro de embarcaciones:

- $\Lambda_\varepsilon = \{(h, b)\}$: desde la ubicación inicial h al punto de recogida b en el primer viaje del recurso i . Este arco hace referencia a la habilitación inicial del recurso para su uso en el plan logístico y el coste es el tiempo del trayecto.

Arcos de evacuación privada:

- $\Lambda_\theta = \{(a, t)\}$: desde el área a hasta el nodo sumidero t para evacuaciones privadas. Este arco hace referencia al trayecto realizado por embarcaciones privadas para la autoevacuación y el coste es también el tiempo del trayecto.

4.2.2. Parámetros

Se definen a continuación los parámetros que contextualizan el modelo para el caso de estudio que nos concierne, y permiten la formulación de variables y restricciones.

- cap_i : capacidad máxima de pasajeros que puede transportar el recurso i por viaje, con $i \in I$.
- o_i : tiempo requerido para la carga del recurso i , con $i \in I$.
- p_i : tiempo requerido para la descarga del recurso i , con $i \in I$.
- cf_i : coste fijo asociado a la activación del recurso i , con $i \in I$.

⁹² Según el modelo de Nguyen-Dupuis.

- cv_i : coste variable unitario asociado al uso operativo del recurso i por distancia, con $i \in I$.
- g_a : máximo número de personas que pueden autoevacuuar en el área a , con $a \in A$.
- pf_a : población residente en el área a , con $a \in A$.
- $pv_{u,m}$: población en tránsito en régimen de u , con $u \in U$, durante la temporada m , con $m \in M$
- t_λ^i : tiempo necesario para recorrer el trayecto definido por el arco λ , con $i \in I$ y $\lambda \in \Lambda$. Según el modelo de Nguyen-Dupuis, el tiempo sería el coste del arco λ .
 - o t_ϵ^i : coste del arco $\zeta = \frac{\text{distancia } (h \rightarrow b)}{\text{velocidad del recurso } i \text{ vacío}}$
 - o t_γ^i : coste del arco $\gamma = \frac{\text{distancia } (b \rightarrow c)}{\text{velocidad del recurso } i \text{ cargado}}$
 - o t_δ^i : coste del arco $\delta = \frac{\text{distancia } (c \rightarrow b)}{\text{velocidad del recurso } i \text{ vacío}}$
- T : tiempo máximo total de evacuación permitido.
- P : penalización por cada persona que no haya podido ser evacuada.

4.2.3. Variables

A continuación se presenta una descripción de las variables incluidas en el modelo. Los valores que estas adopten serán fundamentales para el posterior análisis y la formulación de conclusiones y recomendaciones en relación con la implementación del plan logístico.

- $f_{\lambda,m}^{ki}$: flujo de pasajeros por el arco λ utilizando el recurso i durante el trayecto k , con $\lambda \in \Lambda$. Se incluyen únicamente los flujos de interés, especificados a continuación.
 - o $f_{\theta,m}$: flujo en el arco θ desde el área a al nodo sumidero t ⁹³.
 - o $f_{\beta,m}$: flujo en el arco β desde el área a al punto de recogida b .
 - o $f_{\gamma,m}^{ki}$: flujo en el arco γ desde el punto de recogida b al punto de entrega c , usando el recurso i en el viaje k .

⁹³ A diferencia del modelo original, en esta versión no se ha modelado el flujo de embarcaciones privadas en función del recurso, sino que únicamente se considera la cantidad de personas que se autoevacuúan. Esta decisión responde al enfoque del modelo, centrado en los recursos cuya gestión depende directamente del ámbito estatal, es decir, en aquellos sobre los que se puede planificar, coordinar y actuar de forma organizada.

- $f_{\zeta,m}$: flujo en el arco ζ desde el punto de entrega c al nodo sumidero t .
- $w_{1i,m}$: variable binaria de selección de la ruta ε en el primer viaje del recurso i {1: elegida, 0: en caso contrario}. Esta variable no depende del número de trayectos, ya que está asociada a la población con capacidad de autoevacuación, la cual realiza un único desplazamiento.
- $x_{ki,m}$: variable binaria de selección de la ruta γ en el viaje k del recurso i {1: elegida, 0: en caso contrario}.
- $y_{ki,m}$: variable binaria de selección de la ruta δ en el viaje k del recurso i {1: elegida, 0: en caso contrario}.
- r_m : tiempo total de evacuación logrado por el modelo.
- $s_{i,m}$: tiempo total de operación del recurso i .
- $n_{a,m}$: número de personas que no han podido ser evacuadas desde el área a , con $a \in A$.
- $d_{a,m}$: demanda potencial de personas a evacuar en el área a y la temporada m , con $a \in A$ y $m \in M$.

Tabla 4.

Resumen de la nomenclatura matemática utilizada en el modelo. Elaboración propia.

Conjuntos	Parámetros	Variables
I: Recursos de evacuación	$cap[i], i \in I$: Capacidad para pasajeros	$f_{\lambda,m}^{ki}$: Flujo en los arcos
K: Cantidad de recorridos	$o[i], i \in I$: Tiempo de carga	$w_{1i,m}$: Binaria, selección de la ruta ε (primer viaje)
A: Áreas de evacuación	$p[i], i \in I$: Tiempo de descarga	$x_{ki,m}$: Binaria, selección de la ruta γ
B: Puntos de recogida	$cf[i], i \in I$: Coste fijo	$y_{ki,m}$: Binaria, selección de la ruta δ
C: Puntos de desembarco	$cv[i], i \in I$:	r_m :

	Coste variable	Tiempo total de evacuación
H : Ubicaciones iniciales de los recursos	$g[a], a \in A$: Capacidad de autoevacuación	$s_{i,m}$: Tiempo total de operación del recurso
S : Estado de la embarcación	$pf[a], a \in A$: Población residente	$n_{a,m}$: Personas no evacuadas
U : Tipo de población	$pv[u, m], m \in M$: Población en tránsito	$d_{a,m}$: Demanda de evacuación
M : Temporadas mensuales	P : Penalización	
λ : Arcos $\Lambda_\alpha = \{(s, a)\}$ $\Lambda_\beta = \{(a, b)\}$ $\Lambda_\gamma = \{(b, c)\}$ $\Lambda_\delta = \{(c, b)\}$ $\Lambda_\zeta = \{(c, t)\}$ $\Lambda_\varepsilon = \{(h, b)\}$ $\Lambda_\theta = \{(a, t)\}$	T : Tiempo máximo total	
	t_λ^i : Tiempo en recorrer cada arco	

4.3. Función objetivo

Como se ha mencionado anteriormente, el modelo de optimización se basa en el propuesto por Krutein y Goodchild. El objetivo principal de este trabajo es diseñar un plan de evacuación que minimice el tiempo total necesario para evacuar, garantizando al mismo tiempo, el mayor número posible de personas evacuadas. La función objetivo definida es la siguiente⁹⁴:

$$\min r + \frac{\sum_{i \in I} cv_i(s_i)}{\sum_{i \in I} (cf_i + cv_i(T))} + P \sum_{a \in A} n_a \quad [1]$$

⁹⁴ La función objetivo adoptada en este modelo corresponde a la formulación S-ICEP definida por Krutein y Goodchild. Se ha optado por esta variante en lugar de la D-ICEP, al considerarse más completa y potencialmente más práctica.

Esta función se compone de tres partes principales. En primer lugar, busca minimizar el valor del tiempo total de evacuación. En el segundo término se incluye un cociente de costes que viene a indicar la eficiencia de uso, el porcentaje relativo de costes usados respecto al máximo. Por último, y en tercer lugar, la función busca penalizar por cada persona que no se evacue, introduciendo así una variable que dé valor al factor humano. Por lo tanto, el resultado obtenido por este modelo dependerá en gran medida del valor de P que permite valorar la prioridad del componente humano dentro del objetivo global.

Adicionalmente, esta función objetivo se evalúa de forma diferenciada para cada uno de los periodos mensuales considerados. Dado que se presume que la demanda puede variar en función del mes, el modelo ajusta el plan de evacuación a esas variaciones⁹⁵. En consecuencia, se puede definir la función objetivo final como:

$$\min r_m + \frac{\sum_{i \in I} cv_i(s_{i,m})}{\sum_{i \in I} (cf_i + cv_i(T))} + P \sum_{a \in A} n_{a,m} \quad \forall m \in M \quad [2]$$

4.4. Restricciones

En la obtención de resultados del modelo es fundamental garantizar que se cumplen las siguientes restricciones, que aseguran la coherencia y operatividad del plan de evacuación:

- **Restricción de tiempo total:** El tiempo total de evacuación debe ser al menos igual al tiempo de operación más largo entre todas las embarcaciones, dado que todas pueden estar operando simultáneamente.

$$r_m \geq s_{i,m} \quad \forall i \in I, \forall m \in M \quad [3]$$

- **Restricción de tiempo de operación:** El tiempo de operación de un recurso i en el mes m se define como el tiempo total que dedica tanto a los desplazamientos como a las operaciones de carga y descarga⁹⁶.

⁹⁵ Este cambio representa una extensión respecto al modelo original de Krutein y Goodchild.

⁹⁶ Se ha realizado una ligera modificación en la formulación de la restricción. En concreto, en base al supuesto original de que los recursos regresan vacíos, se ha considerado que el tiempo de carga de personas está determinado por el recurso asignado para el viaje de ida, y no para el de vuelta. Por ello, se ha sustituido el término $o_i \cdot y_{ki,m}$ por $o_i \cdot x_{ki,m}$, reflejando con mayor precisión la dinámica operativa del embarque. Asimismo, también se ha omitido el término relacionado con el tiempo requerido para la puesta a disposición de la embarcación.

$$s_{i,m} = \sum_{h \in H} \sum_{b \in B} t_{\varepsilon}^i \cdot w_{1i,m} + \sum_{b \in B} \sum_{c \in C} \sum_{k \in K} t_{\gamma}^i \cdot x_{ki,m} + \sum_{c \in C} \sum_{b \in B} \sum_{k \in K} t_{\delta}^i \cdot y_{ki,m} + \sum_{c \in C} \sum_{b \in B} \sum_{k \in K} o_i \cdot x_{ki,m} + \sum_{b \in B} \sum_{c \in C} \sum_{k \in K} p_i \cdot x_{ki,m} \quad \forall i \in I, m \in M \quad [4]$$

- **Capacidad de evacuaciones privadas:** El flujo de evacuación privada desde cada área no debe superar la capacidad asignada.

$$f_{\theta,m} \leq g_a \quad \forall \theta \in \bar{\theta}, \forall m \in M \quad [5]$$

- **Cumplimiento de capacidad de recursos:** Se limita el flujo de personas en cada trayecto al máximo permitido por la capacidad del recurso seleccionado para la ruta⁹⁷.

$$f_{\gamma,m}^{ki} \leq cap_i x_{ki,m} \quad \forall \gamma \in \bar{\Gamma}, \forall m \in M \quad [6]$$

$$f_{\delta,m}^{ki} \leq cap_i y_{ki,m} \quad \forall \delta \in \bar{\Delta}, \forall m \in M \quad [7]$$

- **Consistencia de rutas:** Las embarcaciones deben salir del mismo nodo al que llegaron en el viaje anterior, excepto en el primer trayecto, donde no existe trayecto anterior al mismo.

$$\sum_{c \in C} y_{(k-1)i,m} = \sum_{c \in C} x_{ki,m} \quad \forall b \in B, \forall i \in I, \forall m \in M, \forall k \in K \setminus \{k = 1\} \quad [8]$$

- **Trayectos de ida y vuelta:** Todos los trayectos excepto el último, la embarcación debe regresar al punto de recogida desde el que partió.

$$\sum_{b \in B} x_{ki,m} \geq \sum_{b \in B} y_{ki,m} \quad \forall c \in C, \forall i \in I, \forall m \in M, \forall k \in K \setminus \{k = K\} \quad [9]$$

- **Activación del recurso:** Los recursos activados (en los arcos ε) deben coincidir con los realmente utilizados para evacuar (en los arcos γ), garantizando coherencia en el uso de las embarcaciones.

$$\sum_{h \in H} w_{1i,m} = \sum_{c \in C} x_{1i,m} \quad \forall b \in B, \forall i \in I, \forall m \in M \quad [10]$$

- **Selección única por ruta y recurso:** Cada recurso y trayecto, sólo puede usarse para realizar una ruta. Esto significa que cada embarcación sigue un único itinerario en cada recorrido, evitando inconsistencias o duplicidades en el plan de evacuación.

$$\sum_{\varepsilon \in \bar{E}} w_{1i,m} \leq 1 \quad \forall i \in I, \forall m \in M \quad [11]$$

⁹⁷ La segunda restricción no se incluye en el código ya que se ha supuesto que la vuelta el recurso no transporta nada, está vacío.

$$\sum_{\gamma \in \bar{\Gamma}} x_{ki,m} \leq 1 \quad \forall i \in I, \forall m \in M, \forall k \in K \quad [12]$$

$$\sum_{\delta \in \bar{\Delta}} y_{ki,m} \leq 1 \quad \forall i \in I, \forall m \in M, \forall k \in K \setminus \{k = K\}^{98} \quad [13]$$

- **Conservación de flujo en puntos de encuentro:** El número de personas que llegan a un punto de encuentro desde las áreas de evacuación debe coincidir con el número de personas que efectivamente embarcan desde dicho punto. Esta restricción garantiza la consistencia del flujo de evacuados a través del nodo logístico intermedio.

$$\sum_{\beta \in \bar{B}} f_{\beta,m}^{ki} = \sum_{\gamma \in \bar{\Gamma}} f_{\gamma,m}^{ki} \quad \forall b \in B, \forall k \in K, \forall i \in I, \forall m \in M \quad [14]$$

El flujo total de personas evacuadas desde los puntos de encuentro debe ser igual al número de personas que logran alcanzar un lugar seguro. Esta condición asegura que no se pierda flujo entre evacuación y protección efectiva.

$$\sum_{\gamma \in \bar{\Gamma}} f_{\gamma,m}^{ki} = \sum_{\zeta \in \bar{Z}} f_{\zeta,m}^{ki} \quad \forall c \in C, \forall k \in K, \forall i \in I, \forall m \in M \quad [15]$$

- **Balance de demanda:** La demanda de cada área se satisface mediante los flujos de evacuación, a la vez que contabiliza el remanente no evacuado.

$$d_{a,m} = f_{\theta,m} + \sum_{\beta \in \bar{B}} f_{\beta,m}^{ki} + n_{a,m} \quad \forall a \in A, \forall m \in M \quad [16]$$

- **Demanda de evacuación⁹⁹:** La demanda total de evacuación debe coincidir con la población presente en la isla en el momento considerado, incluyendo tanto residentes como visitantes.

$$\sum_{a \in A} d_{a,m} \leq \sum_{u \in U} p v_{u,m} + \sum_{a \in A} p f_a \quad \forall m \in M \quad [17]$$

Inicialmente, se ha definido el conjunto K estableciendo un valor estimado de elementos. El cálculo de K no constituye una restricción adicional, sino que actúa como una comprobación de que el valor asignado es adecuado. Para ello, se calcula su valor máximo en función de la demanda y la capacidad, de modo que represente el número de trayectos necesarios si toda la evacuación se llevase a

⁹⁸ Como el arco δ representa el trayecto de regreso, en el último viaje de cada recurso no se produce dicho regreso. Por ello, la restricción excluye el caso $k = K$, siendo K la última ruta realizada.

⁹⁹ Restricción añadida al código original.

cabo utilizando únicamente el recurso con menor capacidad de embarque de pasajeros.

$$\max K \leq \frac{\sum_{a \in A} d_a}{cap_i} \{i = \arg \min cap_i\} \quad [18]$$

4.5 Ventajas y limitaciones

El presente apartado tiene como objetivo revisar las principales ventajas y limitaciones del código especificado previamente, con la intención de destacar los beneficios derivados de su uso, así como de alertar sobre los riesgos potenciales de obtener resultados erróneos si no se cumplen las suposiciones formuladas al inicio de este capítulo.

En primer lugar, entre las ventajas destaca que el modelo no solo permite estimar el número de recursos necesarios para una evacuación eficaz, sino que también ofrece una aproximación cercana a la organización real de una evacuación inmediata basada exclusivamente en medios locales y en la coordinación interinsular. Esto representa un escenario conservador, que a la vez contribuye al diseño de una comunidad más resiliente, al no depender de apoyos externos procedentes de la península o de organizaciones internacionales.

La incorporación de restricciones que diferencian la demanda en función de la temporada confiere mayor realismo al análisis, evitando el uso de promedios generales que podrían resultar poco representativos y reflejando con mayor precisión las variaciones mensuales en la población. De igual modo, la definición detallada de los estados de las embarcaciones —cargadas o vacías— permite una estimación más ajustada de los tiempos de traslado, mejorando la fidelidad del modelo.

Por otra parte, el modelo presenta ciertas limitaciones. En concreto, no contempla la posibilidad de aprovechar los trayectos de retorno de las embarcaciones para transportar personal especializado destinado a reforzar la seguridad de la población evacuada, ni para el traslado de mercancías críticas con la misma finalidad. En caso de que la demanda de transporte para estos fines sea inferior a la demanda de evacuación, el modelo permite una adaptación sencilla:

asumir que el trayecto de vuelta se realiza con la embarcación cargada. No obstante, esta hipótesis debería ser revisada y ampliada en versiones futuras del modelo.

Además, tal y como se indicó en los supuestos iniciales, el modelo considera que los puntos de refugio cuentan con capacidad ilimitada para acoger a la población evacuada. En la práctica, las islas de mayor tamaño disponen de mayor capacidad de alojamiento que las más pequeñas, por lo que esta simplificación puede distorsionar la realidad. Aunque priorizar una evacuación rápida es positivo desde el punto de vista de la protección inmediata, esta estrategia podría no ser la más eficiente ni adecuada desde la perspectiva económica y logística, ya que implicaría la necesidad de reubicar posteriormente a las personas que no puedan ser acogidas en su destino inicial, generando sobrecostes adicionales y una carga logística considerable.

4.6. Conclusiones

En este capítulo se ha especificado y fundamentado el modelo de evacuación marítima desarrollado, con el objetivo de ofrecer una herramienta que permita planificar y optimizar la respuesta logística ante un escenario de emergencia en la isla de Gran Canaria.

Asimismo, se han superado las limitaciones del planteamiento inicial de Krutein y Goodchild mediante la introducción de nuevos parámetros, que permiten adaptar el modelo a las variaciones demográficas y de tránsito asociadas a las distintas épocas del año. De este modo, se contempla la influencia de factores como la estacionalidad de la población y el tipo de población (residente o en tránsito).

En el siguiente capítulo se presentarán los resultados obtenidos tras la implementación del modelo y se compararán distintos escenarios estratégicos de evacuación, según se priorice la reducción del tiempo total o la maximización del número de personas evacuadas.

CAPÍTULO 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Este capítulo tiene como finalidad exponer los resultados derivados de la ejecución del modelo, así como realizar un análisis e interpretación detallada de los mismos.

5.1 Escenario de simulación

Como se ha venido exponiendo en los capítulos anteriores, para la resolución del proyecto se definió un escenario de evacuación de la isla de Gran Canaria, estableciendo una serie de supuestos y parámetros específicos.

Se decidió optar por fijar inicialmente un horizonte temporal máximo de evacuación de 500 horas suponiendo una situación ideal y luego, limitarlo, con el propósito de acotar al máximo el intervalo temporal disponible. Del mismo modo, se ha decidido especificar un valor de penalización elevado (5.000) por cada persona no evacuada, priorizando así el componente humano del problema.

Los principales resultados que se extraen de este desarrollo incluyen: la flota óptima, el flujo de personas según el tipo de embarcación y las rutas utilizadas entre puertos, así como el número de personas no evacuadas, los tiempos de operación de cada embarcación, y el tiempo total necesario para completar la evacuación.

A continuación, se presenta un breve resumen que consolida los principales elementos del escenario analizado:

- Población a evacuar: 875.200 habitantes, más una población de tránsito y estacional estimada en unos 200.000 habitantes.
- Infraestructura portuaria: tres puertos de salida en la isla y ocho puertos de refugio en otras ubicaciones cercanas.
- Medios disponibles: embarcaciones privadas y civiles, junto con medios de Salvamento Marítimo, con un total potencial de 59 recursos operativos.
- Número máximo de trayectos por recurso: cada recurso puede realizar hasta 25 trayectos de ida y vuelta como valor máximo establecido.

- Horizonte temporal: se analizaron distintos valores de tiempo máximo (T). Inicialmente, se utilizó un valor elevado, sin carácter restrictivo, para luego estudiar el efecto de limitarlo.

En primer lugar, se discute el caso base, en el que el tiempo de evacuación no condiciona el espacio de soluciones factibles. Bajo esta configuración, el modelo optimiza libremente, permitiendo observar el comportamiento del sistema en condiciones operativas ideales.

5.2. Análisis e interpretación de los resultados

Los resultados obtenidos tras la ejecución del programa están incluidos en el Anexo IV, donde se recogen las matrices de valores para cada variable definida en el problema. Dichos resultados constituyen la base para la interpretación que se desarrolla a continuación.

5.2.1. Tiempo total de evacuación

El modelo ofrece diferentes resultados diferenciados por momento estacional en el que se produjera el ataque, optimizando la asignación de recursos y minimizando los tiempos de ejecución. A continuación, se resume el comportamiento de las dos principales variables objetivo: el tiempo total de evacuación y el número de personas no evacuadas.

Tabla 5.

Principales métricas de evacuación según el cuatrimestre. Fuente: MATLAB.

	Cuatrimestre 1	Cuatrimestre 2	Cuatrimestre 3
Tiempo total de evacuación (horas)	496,7843	490,8433	120,2647
Número de personas no evacuadas	1	1996	0

Los resultados muestran que el escenario más favorable corresponde al tercer cuatrimestre (septiembre–diciembre), en el que el tiempo de evacuación es significativamente inferior y se logra evacuar a toda la población. Tal y como se analizará más adelante las soluciones de los cuatrimestres 1 y 2 son muy similares

entre sí; sin embargo, el segundo coincide con la temporada alta de turismo, lo que explica el mayor número de personas no evacuadas.

5.2.2. Recursos empleados

El número total de recursos activados para cada cuatrimestre se recoge a continuación:

Tabla 6.

Número de recursos empleados según tipo de recurso y cuatrimestre. Fuente: MATLAB.

Tipos de recurso	Cuatrimestre 1	Cuatrimestre 2	Cuatrimestre 3
Ferri convencional	14	14	14
Ferri rápido	15	15	15
Buque ro-ro	7	7	7
Crucero	5	5	5
Salvamento Marítimo¹⁰⁰	7	7	18
Embarcaciones privadas¹⁰¹	0	0	144

Se observa como en todo momento todos los tipos de recursos son utilizados, sin embargo, en los primeros cuatrimestres no se emplean todos los recursos de embarcaciones menores de las que dispone Salvamento Marítimo, pudiendo intuir una potencial limitación en la eficiencia de manera global de estas embarcaciones al poder evacuar sólo a un número muy reducido de personas en cada trayecto. Del mismo modo, no se emplean embarcaciones privadas, lo cual se puede deber a limitaciones propias del solver de MATLAB y a alcanzarse el límite operativo de ejecución del programa.

La siguiente tabla detalla el tiempo de operación máximo de cada tipo de recurso:

¹⁰⁰ Aunque el modelo activa un número mayor de embarcaciones, en algunos casos el flujo asociado a ciertas unidades resulta nulo. En la tabla se ha priorizado la información derivada de la variable de flujo, al considerarse más representativa de la solución final obtenida.

¹⁰¹ Se estima que cada embarcación privada tiene una capacidad media de 5 personas. Así, en el cuatrimestre 3, las 144 embarcaciones registradas equivalen a 720 personas autoevacuadas, lo que representa el uso completo de la capacidad de autoevacuación prevista para la isla.

Tabla 7.

Tiempo total de operación (en horas) según tipo de recurso y cuatrimestre. Fuente: MATLAB.

Tipo de recursos	Cuatrimestre 1	Cuatrimestre 2	Cuatrimestre 3
Ferri convencional	164,85	100,1667	8,25
Ferri rápido	40,5601	62,5059	91,55
Buque ro-ro	372,5029	371,7794	120,2647
Crucero	316,8181	307,11	115,6427
Salvamento Marítimo - Guardamar	36,0167	35,3233	120,1867
Salvamento Marítimo - Salvamar	223,8579	25,2886	93,2136
Salvamento Marítimo - Buque polivalente	496,7843	490,8433	114,3822

En términos de utilización de recursos, se aprecia que las embarcaciones de mayor capacidad se emplean preferentemente, lo cual también explica el elevado tiempo total de evacuación, ya que el embarque y desembarque de estos recursos es considerablemente superior y se realizan muchos trayectos con ellos. En contraste, durante el tercer cuatrimestre se evidencia una mayor dependencia de recursos más ligeros y rápidos, como los ferris rápidos y las embarcaciones de Salvamento Marítimo, reduciendo así el número de viajes realizados con embarcaciones más pesadas y reduciendo consecuentemente el tiempo de operación total.

El ferri convencional, cuyas características se sitúan en un punto intermedio en términos de velocidad y capacidad, no resulta determinante en ninguna de las estrategias analizadas. Su escasa utilización en todos los escenarios sugiere que no se adapta de forma óptima ni a una estrategia de evacuación masiva, que demanda alta capacidad, ni a una de respuesta rápida, que prioriza la velocidad y flexibilidad operativa.

5.2.3. Distribución de flujos

La solución óptima presupone que toda la población a evacuar está concentrada inicialmente en la zona noreste de la isla, desde donde se distribuye hacia los tres puertos iniciales. Sin embargo, esta distribución, definida en el modelo como trayectoria β , varía en función del cuatrimestre.

Por ejemplo, la distribución de la población en los dos primeros cuatrimestres es relativamente equilibrada entre puertos. En cambio, en el tercer cuatrimestre se observa una fuerte concentración en el segundo muelle, que adopta un papel de puerto principal.

En cuanto a la configuración de rutas, en los cuatrimestres 1 y 2 se identifican trayectos variados, mientras que en el cuatrimestre 3 predomina una estructura más simétrica con movimientos frecuentes entre nodos $2 \rightarrow 1$ y $1 \rightarrow 2$. A continuación, en la Tabla 8, se especifica cuáles han sido las rutas más concurridas durante la evacuación en la ida.

Tabla 8.

Trayectos que evacúan a una mayor proporción de personas según el cuatrimestre. Elaboración propia. Fuente: MATLAB.

Nodo de recogida		Nodo de refugio	Número de personas transportadas	¿Durante qué cuatrimestre?
2 Puerto de Arinaga	=>	2 Puerto de Los cristianos	91.730	Cuatrimestre 1
1 Puerto de Las Palmas	=>	5 Puerto de San Sebastián de la Gomera	83.621	Cuatrimestre 1
3 Puerto de Las Nieves	=>	4 Puerto de Arrecife	63.170	Cuatrimestre 1
3 Puerto de Las Nieves	=>	3 Puerto del Rosario	73.290	Cuatrimestre 2
3 Puerto de Las Nieves	=>	5 Puerto de San Sebastián de la Gomera	71.040	Cuatrimestre 2
3 Puerto de Las Nieves	=>	8 Puerto de Tarfaya	57.130	Cuatrimestre 2
2 Puerto de Arinaga	=>	1 Puerto de Santa Cruz de Tenerife	339.166	Cuatrimestre 3
3 Puerto de Las Nieves	=>	1 Puerto de Santa Cruz de Tenerife	5.360	Cuatrimestre 3

Luego, en cuanto al número de personas que transcurren cada ruta, en el cuatrimestre 1, se observa una distribución relativamente. En el cuatrimestre 2, por su parte, aunque también existe cierta variedad, se aprecia una mayor dependencia del puerto de Las Nieves como punto de partida, así como una clara concentración de trayectos en la ruta entre el puerto de Arinaga y el puerto de Santa Cruz de Tenerife. Esta elección, además de ser lógica desde el punto de vista operativo, resulta favorable en un escenario real, ya que Santa Cruz de Tenerife no solo es el principal puerto de la isla, sino que también está considerado como uno de los más eficientes del país¹⁰². Esto refuerza su idoneidad para gestionar situaciones de emergencia a gran escala y acoger un volumen elevado de población evacuada.

Por último, en el cuatrimestre 3, los principales destinos continúan siendo los puertos de Santa Cruz de Tenerife y, en segundo lugar, el de Los Cristianos, lo que indica una clara concentración en la isla de Tenerife como área de refugio. En contraste, en los dos primeros cuatrimestres la distribución de llegadas es más equilibrada entre varios destinos, estimándose una evacuación organizada de aproximadamente 130.000 personas hacia estos puntos.

5.3. Análisis de sensibilidad

Adicionalmente, se ha estudiado la sensibilidad respecto al parámetro T_limit, el cual determina el horizonte temporal disponible para ejecutar la evacuación. La elección de un valor concreto para este límite se ha basado en referencias utilizadas por los autores originales del modelo, aunque en este caso se ha optado por incrementarlo debido a que tanto la superficie afectada como la población a evacuar son significativamente mayores. Por ello, se ha fijado un horizonte temporal de 20 horas. A continuación, se analiza el impacto que esta nueva restricción impone sobre los resultados del modelo.

¹⁰² Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife (2023)

5.3.1. Tiempo total de evacuación para $T_{\text{limit}} = 20$

Con el objetivo de realizar un análisis exhaustivo del efecto de T_{limit} se discutirá cada una de las características e indicadores anteriormente revisados, pero para la nueva iteración.

Tabla 9.

Principales métricas de evacuación según el cuatrimestre para $T_{\text{limit}} = 20$. Fuente: MATLAB.

	Cuatrimestre 1	Cuatrimestre 2	Cuatrimestre 3
Tiempo total de evacuación (horas)	20,0000	20,0000	19,9300
Número de personas no evacuadas	1.058.061	1.004.396	813.111

En esta segunda iteración, al estar efectivamente limitado el tiempo total de evacuación, se observa un aumento considerable en el número de personas que no podrían ser evacuadas. En todos los cuatrimestres, estas cifras resultan especialmente elevadas, hasta el punto de que una gran parte de la población quedaría sin evacuar dentro del plazo establecido. Es posible que el límite de tiempo de ejecución del solver de MATLAB haya influido en la calidad de las soluciones obtenidas o también puede ser que el valor del parámetro de penalización debiese aumentar para que sea más interesante a nivel matemático reducir el número de personas no evacuadas.

5.3.2. Recursos empleados para $T_{\text{limit}} = 20$

A continuación, se recoge información sobre la flota óptima para la evacuación ante la restricción de tiempo establecida.

Tabla 10.

Número de recursos empleados por tipo y cuatrimestre. Fuente: MATLAB.

Tipos de recurso	Cuatrimestre 1	Cuatrimestre 2	Cuatrimestre 3
Ferri convencional	0	0	14
Ferri rápido	1	4	15
Buque ro-ro	2	3	7
Crucero	3	4	5
Salvamento Marítimo	0	1	18

Embarcaciones privadas ¹⁰³	0	0	144
--	---	---	-----

Desde un punto de vista intuitivo, podría esperarse un incremento generalizado en el uso de recursos al reducirse el tiempo disponible para la evacuación. Sin embargo, esta tendencia solo se manifiesta de manera clara en el cuatrimestre 3, donde se emplean todos los medios disponibles. Es en este periodo también donde, como ya ocurría con $T_limit = \infty$, se activa la capacidad de autoevacuación mediante embarcaciones privadas, considerada siempre beneficiosa. Es por dichas razones que se considera que únicamente en el cuatrimestre 3 se alcanza una solución sólida y coherente.

Tabla 11.

Tiempo de uso por tipo de recurso por cuatrimestre $s_{i,m}$ cuando $T_limit = 20$.

Fuente: MATLAB.

Tipo de recursos	Cuatrimestre 1	Cuatrimestre 2	Cuatrimestre 3
Ferri convencional	0,0000	0,0000	18,1125
Ferri rápido	3,3289	3,3289	17,5732
Buque ro-ro	5,7353	7,0294	16,7235
Crucero	7,0123	6,9008	19,1785
Salvamento Marítimo - Guardamar	0,0000	0,0000	19,9300
Salvamento Marítimo - Salvamar	0,0000	0,0000	18,9132
Salvamento Marítimo - Buque polivalente	0,0000	11,0553	10,6369

Se puede observar como en los cuatrimestres 1 y 2 los valores obtenidos son en su mayoría muy bajos muchos de ellos siendo nulos y ninguno alcanzando el valor de 20 horas, que luego se establece como el tiempo total de evacuación. Esto se debe a que en la formulación del modelo se estableció que el tiempo total de evacuación debía ser al menos igual, pudiendo ser superior, al tiempo máximo de uso entre todos los recursos activos, ya que se asume que todos pueden operar simultáneamente. No

¹⁰³ Se estima que cada embarcación privada tiene una capacidad media de 5 personas. Así, en el cuatrimestre 3, las 144 embarcaciones registradas equivalen a 720 personas autoevacuadas, lo que representa el uso completo de la capacidad de autoevacuación prevista para la isla.

obstante, en los cuatrimestres 1 y 2 ningún recurso alcanza el máximo de 20 horas, lo que indica que el tiempo real de evacuación fue menor. Estos tiempos ajustados se resumen a continuación.

Tabla 12.

Tiempos totales de evacuación por cuatrimestre modificados. Elaboración propia.

Periodo	Tiempo (en horas)
Cuatrimestre 1	7,0123
Cuatrimestre 2	11,0553
Cuatrimestre 3	19,9300

En el cuatrimestre 3, se observa cómo los tiempos de uso por tipo de recurso son próximos a esas 20 horas establecidas como límite, aunque sin alcanzarlas. Esto resulta coherente si se tiene en cuenta que el modelo busca maximizar el uso de los recursos disponibles. Sin embargo, existen limitaciones operativas asociadas a los tiempos de embarque y desembarque que impiden alcanzar exactamente ese valor. En particular, recursos con menor capacidad, normalmente dedican menos tiempo al embarco y desembarco, lo cual permite usarse durante más tiempo y acercarse su tiempo de uso más al límite establecido.

Comparando con los escenarios sin restricción temporal, se constata una reducción significativa en los tiempos totales de evacuación, así como una distribución más equilibrada del uso entre diferentes tipos de recurso. En esta segunda iteración se obliga a una mayor eficiencia operativa y pone de manifiesto que, bajo restricciones temporales, la presencia o ausencia de determinados medios puede influir de manera determinante en la viabilidad del proceso de evacuación.

En lo relativo al uso de recursos, se observa que durante los cuatrimestres 1 y 2 este es muy limitado. Esto sugiere que la solución considerada más eficiente por el solver prioriza minimizar el uso de recursos frente a la penalización por no evacuar población, lo que indica que dicha penalización podría estar infravalorada en la función objetivo. En el cuatrimestre 3, por su parte, aunque algunos recursos no alcanzan su capacidad máxima, la mayoría opera al límite. En este contexto, una

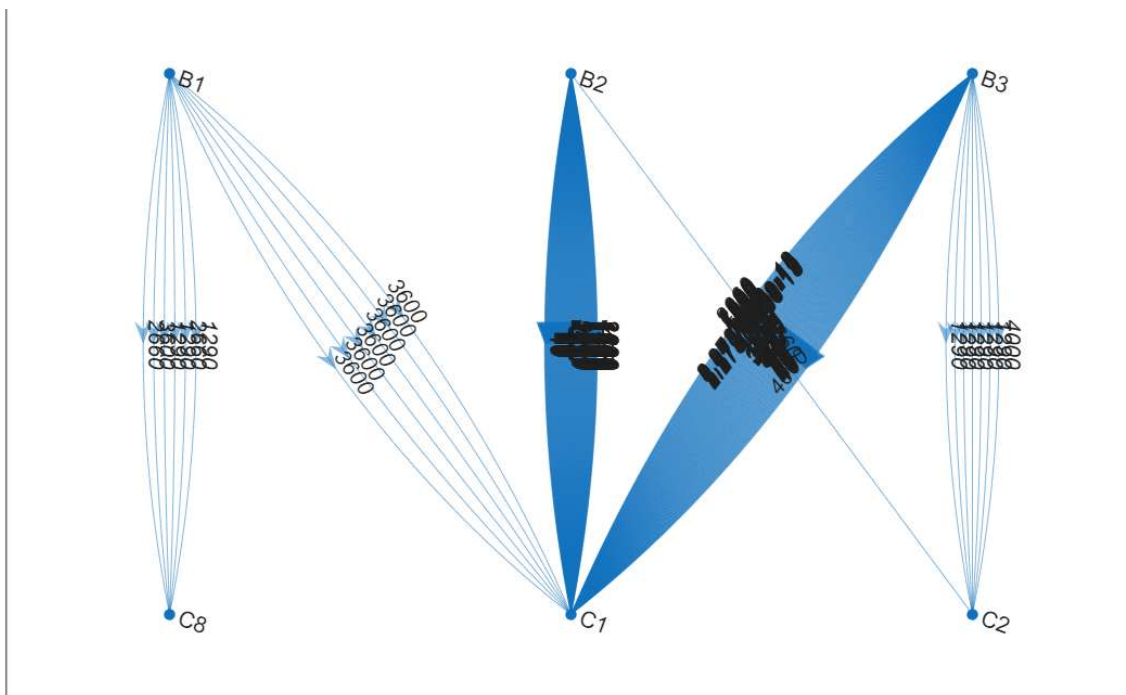
mayor utilización de la capacidad disponible podría reducir sustancialmente el número de personas no evacuadas. Esto sugiere nuevamente que, para priorizar este aspecto dentro de la función objetivo, sería conveniente reconsiderar el valor de la penalización asociada a la no evacuación.

Además, tal como se recoge en el Anexo V, se observa que las embarcaciones tipo *Salvamar* realizan varios trayectos por unidad, lo que implica un mayor tiempo total de operación. En contraste, los buques polivalentes, los de mayor capacidad dentro del modelo, apenas realizan un solo viaje. Sin embargo, a pesar de que las *Salvamar* pueden completar varios trayectos gracias a sus menores tiempos operativos, su capacidad es considerablemente inferior. Por tanto, un único trayecto de un buque polivalente permite evacuar a muchas más personas que varios recorridos de embarcaciones pequeñas, y además lo hace en menos tiempo total si se considera el número de personas trasladadas por hora de uso. Esto refuerza la idoneidad de los recursos de gran capacidad en escenarios como este, ya que permiten maximizar el número de evacuados minimizando a su vez el tiempo y el esfuerzo operativo necesarios.

En resumen, se puede observar cómo la imposición de un horizonte temporal acentúa tendencias que ya se habían identificado previamente. Se refuerza así la idea de que las embarcaciones de gran capacidad resultan más eficientes, como ya se veía en los cuatrimestres 1 y 2 sin restricción temporal, donde estos recursos realizaban múltiples trayectos y operaban cerca de sus capacidades máximas en todo momento. Esta característica se complementa con lo observado en el cuatrimestre 3, donde, en un intento por reducir el tiempo total de evacuación, se recurre a una mayor cantidad de embarcaciones más pequeñas que, de forma aislada, pueden ser más eficientes operativamente al permitir varios trayectos sin incrementar demasiado su tiempo total de uso.

5.3.3. Distribución de flujos para $T_{\text{limit}} = 20$ **Figura 27.**

*Simulación del flujo de personas entre los puertos de recogida (B) y refugio (C).
Generado con Simulink.*



En la figura anterior se representan los trayectos de ida de los recursos entre los puertos de recogida y los de refugio. Esta visualización permite identificar rápidamente el papel clave que desempeñan todos los puertos de recogida, destacando especialmente el puerto 3, cuya relevancia ya fue evidente en la iteración sin restricción temporal ($T_{\text{limit}} = \infty$). Sin embargo, en lo que respecta a los puertos de refugio, no todos son utilizados: en esta iteración únicamente se emplean los puertos de Tenerife (Santa Cruz de Tenerife y Los Cristianos), junto con el puerto de Tarfaya. Aunque estos ya eran relevantes en la primera iteración, su papel se consolida al convertirse en los únicos efectivamente utilizados en este nuevo escenario.

Respecto a las rutas más frecuentes, se identifica un patrón claro: la mayoría de los flujos parten desde los nodos 2 y 3 hacia el nodo 1, canalizando con ello a prácticamente la totalidad de la población evacuada.

En lo que respecta a la distribución espacial de la población a evacuar, la restricción del horizonte temporal provoca que la evacuación ya no se concentre en

una única zona, sino que se reparta de forma más equilibrada entre varias. Aun así, el área 2 se mantiene como la principal zona de salida en la mayoría de los casos, excepto en el cuatrimestre 3, donde dicha importancia se traslada al área 1. Esto resulta coherente, ya que esta última es, en la práctica, la que cuenta con mayor población fija y, por tanto, una mayor demanda de evacuación.

5.4. Análisis de sensibilidad del parámetro $k_{\max}$

Como se definió en el capítulo anterior, el parámetro $k_{\max}$ establece el número máximo de trayectos de ida y vuelta que puede realizar cada recurso durante la operación. Inicialmente, este valor se fijó en $k_{\max} = 25$, basándose en los resultados obtenidos y en las necesidades detectadas en el caso sin restricciones temporales ($T_{\text{limit}} = \infty$). Sin embargo, una vez definido el escenario con un límite de tiempo de evacuación de $T_{\text{limit}} = 20$, se decidió evaluar el modelo también con una reducción del parámetro a $k_{\max} = 10$. Se observó que en la solución final apenas se veía afectada, ya que los valores del tiempo total de evacuación se mantenían invariantes. Debido a esta redundancia en los resultados, se ha considerado innecesario incluir un tercer anexo con el informe detallado de estos valores.

Por otro lado, como ya se indicó en la formulación del problema, la reducción del parámetro $k_{\max}$ contribuye a una ejecución más eficiente del modelo. Al limitar este valor, MATLAB fue capaz de encontrar dos soluciones viables, frente a la única solución obtenida con $k_{\max} = 25$. Sin embargo, esta mejora en la velocidad de ejecución no fue suficiente para resolver el inconveniente principal: la interrupción prematura del proceso de optimización por alcanzar el límite máximo de tiempo de ejecución, sin llegar necesariamente a la solución óptima global debido a la complejidad del modelo.

5.5. Dificultades en la ejecución del modelo

La solución presentada en este trabajo corresponde a la mejor solución factible encontrada dentro del tiempo de cómputo permitido por el entorno de

programación utilizado, en este caso, MATLAB. Por lo tanto, es importante recalcar de nuevo que no se garantiza su optimalidad global, sino que responde a la mejor solución alcanzada bajo las limitaciones técnicas y operativas existentes.

Inicialmente, se intentó implementar el modelo en AMPL, un lenguaje de modelado algebraico ampliamente utilizado también en entornos profesionales para la resolución de este tipo de problemas de optimización. Su estructura declarativa lo convertía en la herramienta adecuada para representar con fidelidad los requisitos del problema planteado. De hecho, la formulación inicial del modelo se desarrolló íntegramente en este lenguaje.

Sin embargo, durante la ejecución, se encontró con una limitación de licencia que impedía resolver el modelo debido al elevado número de variables y restricciones. Ante esta situación, se optó por utilizar un entorno alternativo, MATLAB, que sí contaba con una licencia activa.

Este cambio implicó una reestructuración completa del código, ya que MATLAB cuenta con un lenguaje de programación completamente diferente al de AMPL, lo que exigió una adaptación del mismo. Si bien se logró implementar un modelo funcional, algunas limitaciones estructurales se hicieron evidentes posteriormente en los resultados.

Una de las manifestaciones más relevantes de estas restricciones fue la aparición de comportamientos no del todo coherentes para $T_{\text{limit}} = \infty$. En concreto, se observó que algunos recorridos intermedios (por ejemplo, $k = 2$) presentaban flujo nulo, mientras que recorridos posteriores ($k \geq 3$) sí presentaban flujos positivos. Este comportamiento resulta incoherente desde el punto de vista lógico, ya que en una solución óptima se esperaría que los trayectos se asignaran de forma secuencial, comenzando por $k = 1$ y continuando de manera ordenada.

Esta anomalía se atribuye, con alta probabilidad, a la interrupción prematura del solver. Por este motivo, en el análisis de sensibilidad posterior se introdujo una restricción adicional que obliga a que no existan trayectos activos en $k+1$ si no hay flujo en k , asegurando así una secuencialidad coherente en la asignación. Si bien la

solución global obtenida para el primer caso no se vio alterada, esta medida permitió corregir las inconsistencias detectadas, garantizando una interpretación más robusta y lógica de los resultados.

En definitiva, esta sección pone de relieve los desafíos asociados a la implementación computacional, subrayando la importancia de considerar no sólo la calidad teórica, sino también su viabilidad práctica. A pesar de estas dificultades, se logró una solución representativa, que permitió extraer conclusiones relevantes y formular recomendaciones válidas, cumpliendo así con los objetivos propuestos en este trabajo.

5.6. Conclusiones

A pesar de las posibles limitaciones inherentes al software empleado, la ejecución del modelo desarrollado en los capítulos anteriores ha ofrecido resultados sólidos y funcionales. Estos resultados han constituido una base válida para la interpretación detallada de los resultados obtenidos, así como su síntesis en matrices y formatos visuales que han facilitado la comprensión del proceso y permitirán formular recomendaciones de manera más clara y estructurada.

No obstante, los análisis realizados permiten concluir que, en el horizonte temporal de 20 horas, no sería posible evacuar a la totalidad de la población afectada, lo que pone de manifiesto la necesidad de habilitar nuevas rutas, disponer de más recursos o ampliar el tiempo disponible para la evacuación.

En capítulos siguientes, se procederá a la exposición de las conclusiones y recomendaciones operativas, que recogerán las principales aportaciones de este trabajo.

CAPÍTULO 6. ESTIMACIÓN DE COSTE

El objetivo de este capítulo es la estimación de los costes asociados al desarrollo del presente Trabajo de Fin de Grado. Para ello se lleva a cabo el análisis de los recursos económicos invertidos, así como el esfuerzo técnico y logístico requerido para desarrollar el modelo de evacuación.

Esta evaluación cobra especial importancia en el contexto de la gestión de emergencias y protección civil, ya que permite evaluar, en términos prácticos, el impacto económico de implementar o perfeccionar este tipo de metodologías en los planes de evacuación promovidos por las autoridades autonómicas o estatales. Por lo tanto, este apartado permite establecer una base económica de referencia para futuros desarrollos o adaptaciones profesionales.

A continuación, se definen las distintas categorías de coste consideradas, seguidas de una estimación detallada para cada una de ellas.

6.1. Categorías de coste

Con el fin de estructurar adecuadamente esta evaluación económica, se han identificado cinco categorías principales: software, hardware, recopilación de información, tiempo de trabajo y costes adicionales.

6.1.1. Costes de software

El software empleado para el desarrollo del modelo ha sido MATLAB R2025a, herramienta que permite formulación y resolución de problemas. Se ha utilizado una licencia académica estudiantil, cuyo precio asciende a 95€ anuales, lo que representa un coste proporcional de 11,50€ para un uso de aproximadamente 2 meses.

Si bien existen otras herramientas más específicas, como AMPL (*A Mathematical Programming Language*), lenguaje especialmente diseñado para la resolución de problemas de optimización y utilizado en entornos académicos y profesionales, su elevado coste, alrededor de 300 USD mensuales y su menor accesibilidad en entornos académicos condicionaron su uso. No obstante, cabe

señalar que la formulación inicial se realizó también en AMPL por su adecuación al tipo de problema abordado, sin embargo, las restricciones de acceso impidieron su utilización para la resolución final del modelo.

6.1.2. Costes de hardware

Esta categoría incluye el uso del equipo informático personal empleado durante el desarrollo del proyecto. Aunque no se incurrió en un gasto reciente, ya que el dispositivo ya se usaba, se ha estimado la depreciación proporcional del equipo. Con un valor de adquisición de unos 1.000 € y una vida útil de cinco años, se calcula una amortización mensual de 16,7 €. Dado que el uso intensivo se prolongó durante seis meses, el coste estimado asciende a 100€.

6.1.3. Costes de recopilación de información

La definición de los parámetros técnicos y logísticos del modelo requirió una amplia labor de revisión bibliográfica, consulta de bases de datos oficiales e informes técnicos, necesaria para definir con precisión los parámetros del modelo (tales como capacidades portuarias, densidades de población, flujos de tráfico marítimo, disponibilidad de recursos navales, entre otros). En esta fase no se incurrió en costes monetarios directos, ya que toda la información se obtuvo a través de fuentes de libre acceso. No obstante, en un escenario profesional, se contemplarían costes derivados de entrevistas a expertos, adquisición de informes especializados o consultas a entidades gubernamentales.

En ese caso, el coste mensual estimado de un proceso de recopilación de información especializada podría ascender a 4.000 €, suponiendo una dedicación de dos meses, su valor equivaldría a 8.000 € adicionales.

6.1.4. Costes de tiempo de trabajo

El tiempo invertido en el desarrollo del proyecto representa uno de los recursos más relevantes. Se estima que, en un entorno profesional, la ejecución de este trabajo requeriría aproximadamente 600 horas. Este cálculo contempla tareas como la investigación, modelado, simulación, análisis de resultados, redacción y revisión del trabajo. Para la realización de este proyecto sería necesaria la cooperación de

distintos perfiles profesionales: un programador, un ingeniero y un encuestador/analista de datos.

Considerando que la carga de trabajo se distribuiría de forma que correspondiesen aproximadamente 170 horas al programador, 230 al ingeniero y 200 al encuestador. Tomando como referencia un salario mínimo bruto de 39,47 euros al día¹⁰⁴, y que una jornada laboral completa corresponde a ocho horas de trabajo, se estima que el coste asociado al trabajo realizado por cada uno sería aproximadamente 839 €, 1.135 € y 987 €, respectivamente.

El programador se dedicaría principalmente a la codificación del lenguaje matemático. Por su parte, el ingeniero actuaría como el responsable principal del proyecto, coordinando las diferentes fases y aportando cohesión y rigor lógico. Finalmente, el administrativo se encargaría de la recopilación de información necesaria para la especificación de los parámetros.

6.1.5. Costes adicionales

Además de los costes principales, es necesario tener en cuenta una serie de gastos complementarios que, aunque de menor cuantía, resultan imprescindibles para la correcta finalización del proyecto. Estos costes adicionales se refieren al coste del material de apoyo necesario para la defensa del trabajo, como es el diseño de presentaciones visuales, en cuyo caso requieren de suscripción mensual para acceder a sus funciones avanzadas (por ejemplo, Canva, con un coste de 12€/mes durante un mes de trabajo, totalizando 12€).

Asimismo, en determinados momentos del desarrollo del proyecto ha sido necesario acudir a espacios físicos como bibliotecas, lo cual implica pequeños desplazamientos cuyo coste, aunque limitado, se incluye en este apartado. En conjunto, todos estos elementos, aunque no constituyen el núcleo del presupuesto, sí forman parte de la logística general de elaboración del trabajo.

¹⁰⁴ Servicio Público de Empleo Estatal (2025).

6.2. Resumen de costes**Tabla 13.***Estimación de costes del proyecto. Elaboración propia.*

Categoría	Concepto	Coste estimado (€)
Software	Licencia MATLAB Student (2 meses)	11,50
Hardware	Uso de ordenador personal (6 meses)	100,00
Búsqueda de información	Fuentes públicas (sin coste)	0,00
Tiempo de trabajo	Programador	839
	Ingeniero	1.135
	Encuestador/Analista de datos	987
Otros	Canva	12,00
	Desplazamientos	50,00
TOTAL ESTIMADO		3.134,50

6.3. Consideraciones y limitaciones

Como se argumentará más adelante, el uso de otras herramientas especializadas, como AMPL, ampliamente reconocida en el ámbito de la optimización matemática, habría resultado más adecuado para el tipo de modelo planteado en este trabajo. No obstante, su incorporación no ha sido posible en esta ocasión por razones de licencia y coste. De haberse optado por esta opción, el precio del software podría haber alcanzado los 300 € por un mes de uso.

Del mismo modo, este estudio no ha incorporado entrevistas ni encuestas a actores clave, como autoridades portuarias, operadoras marítimas o cuerpos de seguridad. La inclusión de estas metodologías, necesarias para el desarrollo de un estudio completamente realista, implicaría un aumento sustancial del presupuesto.

En consecuencia, de haberse incluido estos elementos adicionales el coste total del proyecto podría haber pasado de una estimación inicial cercana a los 3.000 € a una cifra próxima, e incluso superior, a los 5.000 €.

6.4. Conclusión

La estimación de costes presentada en este capítulo permite visibilizar el esfuerzo económico y técnico requerido para desarrollar un modelo funcional de evacuación logística en situaciones de emergencia. Este análisis no solo cumple con criterios de trazabilidad, sino que puede servir como referencia base para futuros proyectos de mayor alcance, tanto en el ámbito académico como institucional.

Además, proporciona una estimación realista del esfuerzo necesario para adaptar este modelo a contextos operativos concretos, como el caso de la isla de Gran Canaria, u otras regiones de interés estratégico. En este sentido, el presente proyecto constituye un ejemplo de cómo la planificación basada en modelos puede ser integrada en políticas públicas de defensa civil y gestión de crisis. Se concluye, además, que el valor añadido generado por esta herramienta justifica el coste relativamente reducido de su implementación.

CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este último capítulo tiene como finalidad extraer una serie de conclusiones a partir del análisis de resultados desarrollado en los capítulos anteriores, así como formular recomendaciones operativas y proponer líneas de mejora y desarrollo futuro. Todo ello con el objetivo de avanzar en la construcción de soluciones logísticas que permitan mejorar la preparación y la capacidad de respuesta de las Fuerzas Armadas y los equipos de emergencia ante escenarios críticos como una evacuación masiva.

7.1. Conclusiones y recomendaciones

7.1.1 Objetivos alcanzados

En primer lugar, cabe destacar que con este trabajo se ha superado con creces las expectativas iniciales al consolidarse como una base metodológica robusta para la incorporación de herramientas de optimización en la planificación ante situaciones de emergencia. Su desarrollo ha supuesto una aportación pionera en el contexto nacional, al abordar de forma rigurosa y sistemática la simulación de escenarios de evacuación en territorio español. A día de hoy, y al menos a nivel oficial, no existe en España una planificación logística de estas características, lo que convierte esta propuesta en una primera aproximación de alto valor estratégico para el ámbito de la defensa.

A lo largo del proyecto, se ha integrado de forma transversal una reflexión constante sobre los tres pilares fundamentales que sustentan la toma de decisiones estratégicas:

- **Veracidad de los datos:** A través de un enfoque científico riguroso, se ha planteado un problema real, diseñado una metodología de resolución y obtenido resultados verificables, cuya trazabilidad ha sido garantizada en cada etapa. Esta solidez metodológica ha permitido formular conclusiones fundamentadas y recomendaciones con aplicabilidad operativa.

- **Eficiencia de las soluciones:** La utilización del lenguaje matemático ha permitido afrontar un problema de alta complejidad, de naturaleza multimodal, multinodal y multietapa, modelado mediante una estructura dinámica e iterativa. Este grado de formalización ha posibilitado la resolución precisa de un escenario que, desde una aproximación tradicional, sería prácticamente inabordable. La sinergia entre herramientas técnicas avanzadas y un análisis humano crítico ha enriquecido notablemente la profundidad y validez de las conclusiones extraídas.
- **Viabilidad económica:** En el capítulo correspondiente se ha demostrado, mediante un análisis riguroso, que el coste del desarrollo de este plan resulta muy reducido frente al valor estratégico que ofrece. Por tanto, no solo se evidencia su factibilidad, sino que se justifica plenamente su implementación desde una perspectiva coste-beneficio.

Además, se ha logrado cumplir otro de los objetivos esenciales formulados al inicio del trabajo: contribuir a la seguridad de las personas. Este compromiso se ha materializado en el diseño de un modelo que no solo penaliza explícitamente a las personas no evacuadas, reconociendo su centralidad en el proceso, sino que también permite dimensionar el impacto estratégico que implicaría una evacuación masiva como la aquí planteada. Tal impacto no se limita a la población directamente afectada, sino que se extiende a los territorios receptores, que deberían absorber en un breve intervalo de tiempo una presión logística, social y económica de gran envergadura.

Por todo ello, la utilidad del modelo desarrollado trasciende el mero ejercicio de simulación de un suceso concreto y se posiciona como una herramienta estratégica de planificación a largo plazo. En un entorno geopolítico caracterizado por la incertidumbre, disponer de modelos anticipativos, flexibles y operativos resulta no solo oportuno, sino imprescindible.

7.1.2 Conclusiones operativas derivadas de los resultados

A partir de los resultados obtenidos, pueden derivarse una serie de conclusiones y pautas de actuación orientadas a reforzar la resiliencia operativa del sistema. Entre ellas se destacan las incluidas a continuación:

- **Incremento del número de recursos disponibles:** Se ha observado como al ampliar ligeramente la flota de embarcaciones se puede reducir notablemente el tiempo total de evacuación, mostrando que incluso cambios moderados pueden generar mejoras operativas significativas. De ahí la necesidad de invertir de manera continua en recursos marítimos y en su mantenimiento.
- **Simetría en las rutas:** Se ha determinado que una distribución más equilibrada de los flujos entre las distintas rutas disponibles no solo favorece una evacuación más fluida y eficiente, sino que también optimiza la ejecución computacional del modelo, al requerir menos tiempo de procesamiento. Este aspecto adquiere especial relevancia en situaciones críticas, donde cada segundo resulta determinante.
- **Relación entre el horizonte temporal y el número de trayectos:** Se ha identificado una elevada sensibilidad del modelo al parámetro k_{max} cuando el horizonte temporal es amplio. No obstante, al reducir dicho horizonte, los resultados tienden a estabilizarse, lo que indica que, en escenarios con limitaciones temporales estrictas, la optimización es menos dependiente de este parámetro. Por ello, se recomienda el uso de valores más reducidos de k_{max} , los cuales permiten mejorar la eficiencia del modelo sin comprometer la calidad de las soluciones obtenidas.
- **Fomento de la autoevacuación:** Se ha evidenciado que la existencia de población con capacidad para autoevacuarse, mediante vehículos particulares, puede aliviar la presión sobre los recursos estatales. Sin embargo, esta estrategia debe mantenerse dentro de unos márgenes operativos controlados que garanticen la seguridad y el orden. Como se ha demostrado, las embarcaciones con mayor capacidad resultan más eficientes en términos

de personas evacuadas por hora, lo cual refuerza su idoneidad en contextos de evacuación masiva. Cuando el grueso de la población no es evacuado bajo una planificación estatal centralizada, existe un elevado riesgo de que el proceso derive en desorganización e ineficiencia.

- **Inversión en infraestructuras portuarias:** Se ha razonado que mejorar las capacidades de los puertos es una decisión estratégica. Una mayor eficiencia en los puntos de embarque y desembarque no solo reduce tiempos de espera, sino que también amplía la gama de recursos que pueden ser utilizados. Asimismo, la construcción de plataformas logísticas temporales en ubicaciones seguras, pero cercanas a la zona afectada, podría multiplicar las posibilidades de respuesta, siempre que su proximidad no comprometa su operatividad ante un ataque.
- **Horizonte temporal realista de evacuación:** A partir de los análisis de sensibilidad realizados, se ha constatado que un límite temporal de 20 horas resulta insuficiente para completar la evacuación de la población afectada. En consecuencia, se concluye que la isla debe disponer de un nivel de resiliencia operativa que le permita mantener su funcionalidad durante un periodo superior a un día completo. Solo así podrá garantizarse una capacidad de respuesta adecuada, que asegure tanto la protección de la población como una evacuación ordenada y eficaz en escenarios de emergencia.

7.2. Líneas de mejora y trabajo futuro

Este segundo apartado adopta una mirada hacia el futuro y plantea los siguientes pasos a considerar en esta línea de estudio, centrada en la respuesta ante emergencias humanitarias y políticas desde un enfoque matemático y de simulación.

- Aunque MATLAB nos ha sido útil para desarrollar y poner a prueba el modelo propuesto, es importante reconocer que no está específicamente diseñado

para resolver problemas complejos de optimización entera a gran escala. Esto ha generado ciertas limitaciones en términos de velocidad de cálculo, eficiencia en la exploración del espacio de soluciones y capacidad de alcanzar soluciones verdaderamente óptimas. En consecuencia, se considera altamente recomendable, como paso siguiente, implementar el modelo en *Gurobi* mediante *AMPL*, lo cual permitiría mejorar tanto el rendimiento computacional como la calidad de los resultados.

- También se contempla como una línea de avance esencial el establecimiento de colaboraciones con organismos públicos y privados que permitan acceder a datos más precisos y actualizados sobre recursos disponibles, capacidades portuarias reales y patrones de comportamiento poblacional ante una evacuación. La incorporación de esta información contribuiría a construir modelos más ajustados a la realidad operativa, lo que incrementaría su utilidad en la toma de decisiones estratégicas. Asimismo, se prevé que la integración de factores relacionados con la psicología colectiva y el comportamiento humano en contextos de crisis añadiría una dimensión de realismo adicional a las simulaciones.
- Finalmente, se considera pertinente valorar la posibilidad de incorporar una mayor complejidad estructural al modelo, mediante elementos como matrices de compatibilidad entre tipos de embarcaciones y puertos, límites máximos de capacidad de acogida en los puertos refugio o dinámicas de congestión, como la restricción del número de atraques simultáneos. Estas mejoras podrían aportar un grado adicional de realismo, pero su implementación deberá analizarse cuidadosamente, sopesando si el aumento en la carga computacional justifica el beneficio obtenido en términos de precisión y aplicabilidad del modelo.

En resumen, este estudio ha ofrecido una aproximación innovadora para afrontar evacuaciones en contextos de crisis, aplicando herramientas de optimización matemática como medio para planificar, simular y resolver escenarios complejos en

un entorno específico. En particular, se ha logrado modelar de forma rigurosa una posible evacuación de la isla de Gran Canaria, lo que constituye un avance significativo en el ámbito de la logística de emergencia aplicada al territorio español.

ANEXO I. FUENTES TÉCNICAS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE EMBARCACIONES

En el presente anexo se detallan las fuentes consultadas para la obtención de los parámetros técnicos de las embarcaciones empleadas en la formulación del modelo de evacuación marítima. La información utilizada procede de fuentes de organismos oficiales, operadores marítimos y medios técnicos especializados, a fin de garantizar la validez y actualidad de la información recogida.

Se ha asumido que el tiempo de desembarque es, en promedio, un 30 % inferior al tiempo de embarque, en virtud de que el flujo de personas hacia tierra firme resulta generalmente más ágil y requiere un menor control organizativo.

A continuación, se presentan las fuentes organizadas por tipo de embarcación:

1. Embarcaciones de SASEMAR (Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima)

1.1 Buques polivalentes

- Velocidad y tripulación mínima: Ficha técnica del buque *Heroínas de Sálvora* (SASEMAR, 2024)
- Capacidad de carga: Revista ANAVE (2024). Salvamento Marítimo presenta en Canarias su nuevo buque: el *Heroínas de Sálvora*. Se ha estimado la capacidad de pasajeros en base al arqueado bruto (GT), aplicando un ratio de 1 m² por persona. Para un total de 3.996 GT, se ha supuesto una capacidad de aproximadamente 4.000 personas.
- Tiempos de embarque y desembarque: En ausencia de datos específicos, se han extrapolado los valores a partir de cruceros turísticos de tamaño y capacidad similares.

1.2 Salvamares.

- Velocidad de navegación y velocidad máxima: Ministerio de Transportes (2025), Transportes renueva la flota de embarcaciones rápidas en Xàbia e Ibiza con dos nuevas

salvamares. SASEMAR (2020), Salvamento Marítimo incorpora una Salvamar de nueva construcción en Barbate.

- Tripulación mínima requerida: SASEMAR (2024), Salvamento Marítimo refuerza las plantillas en tres embarcaciones salvamares en Canarias.
- Capacidad operativa estimada: Autoridad Portuaria de Santa Cruz (2017), El Salvamar Tenerife, regresa de maniobras

1.3 Guardamares

- Velocidad y tripulación mínima requerida: Vadebarcos (2015), Las embarcaciones de intervención rápida de Salvamento marítimo de la clase Guardamar
- Capacidad y tiempos operativos: SASEMAR (2023), Salvamento Marítimo presenta la embarcación de nueva construcción Guardamar Urania en Burela. Para la estimación de tiempos de embarque se ha aplicado un promedio de 10 minutos por cada 50 pasajeros. Con un arqueo bruto de 292 GT, esto supone una capacidad aproximada de 290 pasajeros y, por lo tanto, eso implica aproximadamente de 60 minutos.

2. Embarcaciones ro-pax (pasajeros y vehículos)

2.1 Ferries comerciales

- Ficha técnica del ferry *Sicilia*: Fred. Olsen (s.f.)
- Información técnica adicional (ferry *Almariya*): Armas Trasmediterránea (s.f.)
- Tiempo estimado de desembarque: Direct ferries (2024), ¿Cuánto se tarda en desembarcar?

2.2 Fast ferries

- Ficha técnica del ferry Benchijigua Express y capacidad: Fred. Olsen (s.f.) Se ha considerado únicamente la capacidad declarada para pasajeros.

- Tripulación y características técnicas adicionales: Náutica Digital (s.f.) El ferry 'Benchijigua Express' un multicasco danés del futuro que opera en Canarias.

2.3 Cruceros

Un crucero es un tipo de embarcación utilizado para viajes turísticos y que pueden albergar a numerosas personas.

- Ficha técnica del buque *MSC Opera*: MSC Cruceros (s.f.)
- Tiempos de desembarque: Noatum (s.f.), ¿Qué ocurre cuando acaba un crucero?

3. Embarcaciones ro-ro

Estas embarcaciones están diseñadas para el transporte de carga rodada. Para estimar su capacidad de transporte de personas, se ha utilizado el mismo criterio basado en el GT, complementado con tiempos de carga y descarga similares a los de los cruceros.

- Ficha técnica del buque Bahía Cargo: Fred. Olsen (s.f.)
- Velocidad de navegación: VesselFinder (s.f.) Detalles del Bahía Cargo

ANEXO II. ESTIMACIÓN DE COSTES OPERATIVOS

En la presente estimación de costes operativos para una operación de evacuación marítima se ha optado por distinguir entre costes fijos y costes variables, atendiendo a su comportamiento económico respecto al uso y funcionamiento de las embarcaciones.

1. **Costes fijos.** Se consideran aquellos que no varían con la distancia o el consumo operativo puntual, y que se incurren por el simple hecho de desplegar una unidad de recurso. En este caso, los costes fijos incluyen dos componentes principales:

- 1.1 Tarifas oficiales de SASEMAR, que engloban el uso de embarcaciones de salvamento, incluyendo los costes asociados a combustible, tripulación y disponibilidad técnica. Estas tarifas se encuentran establecidas por la entidad pública y son independientes del uso puntual o la distancia recorrida, por lo que se consideran costes fijos.

El coste total se calcula utilizando la siguiente formula:

$$\frac{\text{Coste}}{\text{ud}} = T(\text{€}) * t(h) * B * S \quad [1]$$

Tabla 14.

Tabla sobre tarifas de embarcaciones del SASEMAR. Elaboración propia.

Nota: B = Coeficiente corrector, S = Ajuste progresivo de tarifas.

	Distancia media (MN)	Velocidad máxima (nudos)	Tarifa (T) (€)	Tiempo estimado (t) (h)	B	S	Coste por unidad (€)
Buques polivalentes	101,8	17,6	879,00	5,78	1	1	5.084,22
Salvamares	101,8	40	350,00	2,55	1	1	890,75
Guardamares	101,8	30	749,00	3,39	1	1	2.541,61

- 1.2 Costes de personal de embarque, aplicables a las embarcaciones comerciales, donde se asume un coste unitario por tripulante en función del tipo de buque. Estos costes se consideran fijos, ya que corresponden a la dotación mínima necesaria para operar cada embarcación, independientemente de la duración de la operación.

Tabla 15.*Coste del personal de tripulación. Elaboración propia.*

	Tripulación estimada	Salario medio (€)	Coste total (€)
Ferri convencional	20	21,22	424,40
Ferri rápido	22	21,22	466,84
Crucero	20	21,22	424,40
Buque ro-ro	720	21,22	15.278,40

2. **Costes variables.** Se definen como aquellos que varían en función del uso operativo de las embarcaciones, especialmente con la distancia recorrida. En este estudio, se ha considerado como único coste variable significativo el consumo de combustible, expresado en función del tipo de carburante, el precio por tonelada y el consumo estimado por milla náutica. Esta categoría aplica únicamente a las embarcaciones comerciales.

- Precio actualizado de combustibles marinos: ANAVE (2025) Precios de los combustibles marinos.
- Consumo estimado de combustible en cruceros: Yatravet (s.f) ¿Cuánto combustible cabe en un crucero?

Tabla 16.*Tarifas del combustible. Elaboración propia.*

Tipo de combustible	Precio (\$/t)	Tipo de cambio (€ / USD)	Consumo (t/milla)	Coste estimado (€/milla)
MGO	723,00	0,87	0,3	188,70
IFO 380	466,50	0,87	0,3	121,76

En el caso específico de las embarcaciones operadas por SASEMAR, no se han considerado costes variables adicionales, dado que sus tarifas oficiales ya incluyen el combustible, el personal y el resto de los servicios necesarios para su operatividad. Por tanto, se ha asumido que el coste variable asociado a estas unidades es nulo, siendo cubierto íntegramente dentro del coste fijo por unidad de uso.

ANEXO III. CÓDIGO DE MATLAB

[illegible]

```

66     end
67 end
68 %%
69 velocidad = containers.Map(); % matriz I x S
70 datos3 = [24,      24;
71           24,      24;
72           24,      24;
73           24,      24;
74           24,      24;
75           24,      24;
76           24,      24;
77           24,      24;
78           24,      24;
79           24,      24;
80           24,      24;
81           24,      24;
82           24,      24;
83           24,      24;
84           38,      40;
85           38,      40;
86           38,      40;
87           38,      40;
88           38,      40;
89           38,      40;
90           38,      40;
91           38,      40;
92           38,      40;
93           38,      40;
94           38,      40;
95           38,      40;
96           38,      40;
97           38,      40;
98           38,      40;
99           17,      20;
100          17,      20;
101          17,      20;
102          17,      20;
103          17,      20;
104          17,      20;
105          17,      20;
106          20.3,    25;
107          20.3,    25;
108          20.3,    25;
109          20.3,    25;
110          20.3,    25;
111          30,      30;
112          30,      30;
113          30,      30;
114          30,      30;
115          30,      30;
116          28,      40;
117          28,      40;
118          28,      40;
119          28,      40;
120          28,      40;
121          28,      40;
122          28,      40;
123          28,      40;
124          28,      40;
125          28,      40;
126          28,      40;
127          14.1,    17.6;
128          14.1,    17.6];
129 for i = 1:length(I)
130     for j = 1:length(S)

```

```

131         clave = I(i) + '_' + S(j);
132         velocidad(clave) = datos3(i,j);
133     end
134 end
135
136
137 %% Parametros simples
138 P_penal = 5000;
139 T_limit = 20;
140
141 %% variables
142 fl_ab = optimvar('fl_ab', length(A), length(B), length(M), 'Type', 'integer', 'LowerBound', 0);
143 fl_bc = optimvar('fl_bc', length(B), length(C), length(K), length(I), length(M), 'Type', 'integer', 'LowerBound', 0);
144 fl_at = optimvar('fl_at', length(A), length(M), 'Type', 'integer', 'LowerBound', 0);
145 fl_ct = optimvar('fl_ct', length(C), length(M), 'Type', 'integer', 'LowerBound', 0);
146 w = optimvar('w', length(H), length(B), length(I), length(M), 'Type', 'integer', 'LowerBound', 0,
147 x = optimvar('x', length(B), length(C), length(K), length(I), length(M), 'Type', 'integer', 'LowerBound', 0);
148 y = optimvar('y', length(C), length(B), length(K), length(I), length(M), 'Type', 'integer', 'LowerBound', 0);
149 s = optimvar('s', length(I), length(M), 'Type', 'continuous', 'LowerBound', 0, 'UpperBound', T_limit);
150 r = optimvar('r', length(M), 'Type', 'continuous', 'LowerBound', 0, 'UpperBound', T_limit);
151 n = optimvar('n', length(A), length(M), 'Type', 'integer', 'LowerBound', 0);
152 d = optimvar('d', length(A), length(M), 'Type', 'integer', 'LowerBound', 0);
153
154 %% Función objetivo
155 for m = 1:length(M)
156     %clave = char(M(m));
157     obj_expr = 0;
158     sum1 = 0;
159     sum2 = 0;
160     sum3 = 0;
161
162     for i = 1:length(I)
163         %clave_2 = char(I(i));
164         sum1 = sum1 + (cv(I{i}) * s(i,m));
165         sum2 = sum2 + (cf(I{i}) + cv(I{i})*T_limit);
166     end
167
168     for a = 1:length(A)
169         %clave_3 = char(A(a));
170         sum3 = sum3 + n(a,m);
171     end
172
173     obj_expr = obj_expr + r(m) + sum1/sum2 + P_penal*sum3;
174 end
175
176 prob.Objective = obj_expr;
177
178 %% Definición de los tiempos
179 % definición de t_hb
180 t_hb = containers.Map();
181 for h = 1:length(H)
182     clave_4 = char(H(h));
183     for b = 1:length(B)
184         clave_5 = char(B(b));
185         for i = 1:length(I)
186             clave_6 = char(I(i));
187             %crear clave compuesta
188             clave_final = clave_4 + "_" + clave_5 + "_" + clave_6;
189             %calculo el valor
190             clave_dist = H(h) + "_" + B(b);
191             clave_dist = char(clave_dist);
192             clave_v = I(i) + "_" + S(2);
193             clave_v = char(clave_v);
194             valor = distancia_hb (clave_dist)/velocidad(clave_v);
195             %Asignar al Map

```

```

196         t_hb(clave_final) = valor;
197     end
198 end
199 end
200
201 % definición t_bc
202 t_bc = containers.Map();
203 t_cb = containers.Map();
204 for b = 1:length(B)
205     clave_4 = char(B(b));
206     for c = 1:length(C)
207         clave_5 = char(C(c));
208         for i = 1:length(I)
209             clave_6 = char(I(i));
210             %crear clave compuesta
211             clave_final = clave_4 + "_" + clave_5 + "_" + clave_6;
212             %calcula el valor
213             clave_dist = B(b) + "_" + C(c);
214             clave_dist = char(clave_dist);
215             clave_v = I(i) + "_" + S(1);
216             clave_v = char(clave_v);
217             clave_v2 = I(i) + "_" + S(2);
218             clave_v2 = char(clave_v2);
219             valor = distancia_bc(clave_dist)/velocidad(clave_v);
220             valor2 = distancia_bc(clave_dist)/velocidad(clave_v2);
221             %Asignar al Map
222             t_bc(clave_final) = valor;
223             t_cb(clave_final) = valor2;
224         end
225     end
226 end
227
228 %% Restricciones
229
230 % restricción de tiempo total
231 constr_tiempo = optimconstr(1,length(M));
232 for m = 1:length(M)
233     max_s = 0;
234     for i = 1:length(I)
235         constr_tiempo(m,i) = r(m) >= s(i,m);
236     end
237 end
238
239 prob.Constraints.tiempo = constr_tiempo;
240
241 %restriccion de T_limit
242 constr_t_limit = optimconstr(length(M), length(I));
243 for i = 1:length(I)
244     for m=1:length(M)
245         constr_t_limit(i,m) = s(i,m) <= T_limit;
246     end
247 end
248 prob.Constraints.limit = constr_t_limit;
249
250 % demanda de evacuación
251 constr_demanda = optimconstr(1,length(M));
252 for m = 1:length(M)
253     clave_12 = char(M(m));
254     sum_pf = 0;
255     sum_pv = 0;
256     sum_demanda = 0;
257
258     for u = 1:length(U)
259         clave_13 = char(U(u));
260         %crear clave compuesta

```

```

261     clave_14 = clave_13 + "_" + clave_12;
262     sum_pv = sum_pv + pv(clave_14);
263 end
264
265 for a = 1:length(A)
266     sum_pf = sum_pf + pf(A{a});
267     sum_demanda = sum_demanda + d(a,m);
268 end
269
270 constr_demanda(m) = sum_demanda == sum_pv + sum_pf;
271 end
272 prob.Constraints.demandapropia = constr_demanda;
273
274 % balance de demanda
275 constr_demanda2 = optimconstr(length(A),length(M));
276 for a = 1:length(A)
277     for m = 1:length(M)
278         sum_fl_ab = 0;
279
280         for b = 1:length(B)
281             sum_fl_ab = sum_fl_ab + fl_ab(a,b,m);
282         end
283
284         constr_demanda2(a,m) = d(a,m) == fl_at(a,m) + sum_fl_ab + n(a,m);
285     end
286 end
287 prob.Constraints.demanda = constr_demanda2;
288
289 % restricción de tiempo de operación
290 constr_operacion = optimconstr(length(I), length(M));
291 for i = 1:length(I)
292     clave_16 = char(I{i});
293     for m = 1:length(M)
294         sum1 = 0;
295         sum2 = 0;
296         sum3 = 0;
297         sum5 = 0;
298         sum6 = 0;
299
300         for h = 1:length(H)
301             clave_18 = char(H{h});
302             for b = 1:length(B)
303                 clave_19 = char(B{b});
304                 %crear claves compuestas
305                 clave_t_hb = clave_18 + "_" + clave_19 + "_" + clave_16;
306                 %calcular valores
307                 sum1 = sum1 + t_hb(clave_t_hb) * w(h,b,i,m);
308             end
309         end
310
311         for b = 1:length(B)
312             clave_20 = char(B{b});
313             for c = 1:length(C)
314                 clave_21 = char(C{c});
315                 for k = 1:length(K)
316                     %crear clave compuesta
317                     clave_r4 = clave_20 + "_" + clave_21 + "_" + clave_16;
318                     %calcular valores
319                     sum2 = sum2 + t_bc(clave_r4) * x(b,c,k,i,m);
320                     sum3 = sum3 + t_cb(clave_r4) * y(c,b,k,i,m);
321                     sum5 = sum5 + o(I{i}) * x(b,c,k,i,m);
322                     sum6 = sum6 + p(I{i}) * x(b,c,k,i,m);
323                 end
324             end
325         end

```

```

326
327     constr_operacion(i,m) = s(i,m) == sum1 + sum2 + sum3 + sum5 + sum6;
328     end
329 end
330 prob.Constraints.operacion = constr_operacion;
331
332 % selección única por ruta y recurso - w
333 constr_w = optimconstr(length(I), length(M));
334 for i = 1:length(I)
335     for m = 1:length(M)
336         sum_w = 0;
337         for h = 1:length(H)
338             for b = 1:length(B)
339                 sum_w = sum_w + w(h,b,i,m);
340             end
341         end
342         constr_w(i,m) = sum_w <= 1;
343     end
344 end
345 prob.Constraints.w = constr_w;
346
347 % selección única por ruta y recurso - x
348 constr_x = optimconstr(length(I), length(M));
349 for i = 1:length(I)
350     for k = 1:length(K)
351         for m = 1:length(M)
352             sum_x = 0;
353
354             for b = 1:length(B)
355                 for c = 1:length(C)
356                     sum_x = sum_x + x(b,c,k,i,m);
357                 end
358             end
359
360             constr_x(i,m) = sum_x <= 1;
361         end
362     end
363 end
364 prob.Constraints.x = constr_x;
365
366 % selección única por ruta y recurso - y
367 constr_y = optimconstr(length(I), length(M));
368 for i = 1:length(I)
369     for k = 1:(length(K) - 1)
370         for m = 1:length(M)
371             sum_y = 0;
372
373             for b = 1:length(B)
374                 for c = 1:length(C)
375                     sum_y = sum_y + y(c,b,k,i,m);
376                 end
377             end
378
379             constr_y(i,m) = sum_y <= 1;
380         end
381     end
382 end
383 prob.Constraints.y = constr_y;
384
385 % Conservación de flujo en puntos de encuentro
386 % igualdad 1
387 constr_ig1 = optimconstr(length(B),length(M));
388 for b = 1:length(B)
389     for m = 1:length(M)
390         sum_fl_ab = 0;

```

```

391     sum_fl_bc = 0;
392
393     for a = 1:length(A)
394         sum_fl_ab = sum_fl_ab + fl_ab(a,b,m);
395     end
396
397     for c = 1:length(C)
398         for k = 1:length(K)
399             for i = 1:length(I)
400                 sum_fl_bc = sum_fl_bc + fl_bc(b,c,k,i,m);
401             end
402         end
403     end
404
405     constr_ig1(b,m) = sum_fl_ab == sum_fl_bc;
406 end
407 end
408 prob.Constraints.ig1 = constr_ig1;
409
410 % igualdad 2
411 constr_ig2 = optimconstr(length(C), length(M));
412 for c = 1:length(C)
413     for m = 1:length(M)
414         sum_fl_bc = 0;
415         sum_fl_ct = 0;
416
417         for b = 1:length(B)
418             for k = 1:length(K)
419                 for i = 1:length(I)
420                     sum_fl_bc = sum_fl_bc + fl_bc(b,c,k,i,m);
421                 end
422             end
423         end
424
425         constr_ig2(c,m) = sum_fl_bc == fl_ct(c,m);
426     end
427 end
428 prob.Constraints.ig2 = constr_ig2;
429
430 % Activación del recurso
431 constr_act = optimconstr(length(B),length(I), length(M));
432 for b = 1:length(B)
433     for i = 1:length(I)
434         for m = 1:length(M)
435
436             sum_w = 0;
437             for h = 1:length(H)
438                 sum_w = sum_w + w(h,b,i,m);
439             end
440
441             sum_x = 0;
442             for c = 1:length(C)
443                 sum_x = sum_x + x(b,c,1,i,m);
444             end
445
446             constr_act(b,i,m) = sum_x == sum_w;
447         end
448     end
449 end
450 prob.Constraints.act = constr_act;
451
452 % Consistencia de rutas
453 constr_rutas = optimconstr(length(B), length(I), length(K), length(M));
454 for b = 1:length(B)
455     for i = 1:length(I)

```

```

456         for k = 2:length(K)
457             for m = 1:length(M)
458                 sum_y_prev = 0;
459                 sum_x = 0;
460
461                 for c = 1:length(C)
462                     sum_y_prev = sum_y_prev + y(c,b,(k-1),i,m);
463                     sum_x = sum_x + x(b,c,k,i,m);
464                 end
465
466                 constr_rutas(b,i,k,m) = sum_y_prev == sum_x;
467             end
468         end
469     end
470 end
471 prob.Constraints.rutas = constr_rutas;
472
473 % Trayectos de ida y vuelta
474 constr_trayectos = optimconstr(length(C), length(I), length(K), length(M));
475 for c = 1:length(C)
476     for i = 1:length(I)
477         for k = 1:(length(K)-1)
478             for m = 1:length(M)
479
480                 sum_x = 0;
481                 sum_y = 0;
482                 for b = 1:length(B)
483                     sum_x = sum_x + x(b,c,k,i,m);
484                     sum_y = sum_y + y(c,b,k,i,m);
485                 end
486
487                 constr_trayectos(c,i,k,m) = sum_x >= sum_y;
488             end
489         end
490     end
491 end
492 prob.Constraints.trayectos = constr_trayectos;
493
494 % Cumplimiento de capacidad de recursos
495 constr_cap = optimconstr(length(B),length(C), length(K), length(I), length(M));
496 for b = 1:length(B)
497     for c = 1:length(C)
498         for k = 1:length(K)
499             cap_vec = zeros(1,length(I));
500             for i = 1:length(I)
501                 cap_vec(i) = cap(I(i));
502                 for m = 1:length(M)
503                     constr_cap(b,c,k,i,m) = fl_bc(b,c,k,i,m) <= cap_vec(i) * x(b,c,k,i,m);
504                 end
505             end
506         end
507     end
508 end
509 prob.Constraints.cap = constr_cap;
510
511 % Capacidad de evacuaciones privadas
512 constr_privadas = optimconstr(length(A), length(M));
513 for a = 1:length(A)
514     for m = 1:length(M)
515         constr_privadas(a,m) = fl_at(a,m) <= g(A{a});
516     end
517 end
518 prob.Constraints.priv = constr_privadas;
519
520 %restricción lógica

```

```

521 constr_logica = optimconstr(length(B),length(C),length(I), length(M));
522 for m = 1:length(M)
523     for i = 1: length(I)
524         for k = 1: (length(K)-1)
525             for b = 1:length(B)
526                 for c = 1:length(C)
527                     constr_logica(b,c,k,i,m) = fl_bc(b,c,K(k),i,m) >= fl_bc(b,c,K(k+1),i,m);
528                 end
529             end
530         end
531     end
532 end
533 prob.Constraints.log = constr_logica;
534
535
536 %% Definir opciones del solver
537 options = optimoptions('intlinprog', 'MaxTime', 86400, 'Display', 'iter');
538
539 %% Resolver el problema
540 [sol, fval, exitflag, output] = solve(prob);
541 %% Guardar resultados
542 save('last_solution', 'sol', 'fval', 'exitflag', 'output');
543
544 %% Soluciones
545 disp(prob.Objective);
546 disp(prob.Constraints);
547 disp(sol.r);
548 disp(sol.n);
549 disp(sol.s);
550 disp(sol.fl_ab);
551 disp(sol.fl_at);
552 disp(sol.fl_bc);
553 disp(sol.fl_ct);
554

```

ANEXO IV. RESULTADOS DEL MODELO DE OPTIMIZACIÓN

Los resultados discutidos a continuación corresponden a la resolución del modelo cuando el parámetro de tiempo límite operativo (T_{limit}) ha sido establecido con un valor lo suficientemente amplio como para no constituir una restricción activa dentro del problema.

A4.1. Resumen de resultados

El modelo fue resuelto con éxito mediante una programación entera mixta, obteniéndose una solución factible de tipo entera. En la Tabla A3.1 se resumen los principales indicadores obtenidos durante el proceso de resolución:

Tabla 17.

Indicadores del proceso de resolución del modelo de optimización.

Indicador	Valor	Interpretación
Valor función objetivo	122,04,02	Valor total de la función objetivo planteada
Relative gap	0,4345	Indica la diferencia relativa entre la mejor solución entera encontrada y la cota inferior. El valor relativamente alto sugiere que hay margen de mejora.
Absolute gap	53,0288	Diferencia absoluta entre la mejor solución entera y la mejor cota conocida. También indica margen de mejora.
Número de soluciones factibles	3	Número de soluciones enteras válidas que el solver encontró.
Nodos explorados	1295	Número total de nodos visitados en el árbol de ramificación y acotación (<i>branch-and-bound</i>).

Violación de restricciones	1,7408e-13	Mínima. Indica que la solución cumple prácticamente todas las restricciones del modelo.
Algoritmo	highs	Algoritmo utilizado internamente por el solver.
Solver	intlinprog	Método utilizado para resolver el problema de programación entera mixta.
Mensaje del solver¹⁰⁵	<i>'Solver stopped prematurely. Integer feasible point found. Intlinprog stopped because it exceeded the time limit, options. MaxTime = 7200. The intcon variables are integer within tolerance, options. ConstraintTolerance = 1e-06.'</i>	El solver se detuvo al alcanzar el tiempo máximo de ejecución. La solución es factible pero no necesariamente óptima.

Conclusión: El proceso de resolución permitió obtener una solución factible con una violación de restricciones prácticamente nula. No obstante, debido al límite de tiempo establecido, no se puede asegurar que la solución alcanzada sea óptima. Aun así, los resultados son válidos y representan un punto de partida sólido para el análisis y evaluación del modelo.

¹⁰⁵ El mensaje textual del solver ha sido citado literalmente para mayor claridad.

A4.2. Valores que toman las variables por periodo mensual**Tiempo total de evacuación por periodo****Tabla 18.***Tiempo total de evacuación por cuatrimestre (variable r_m)*

Periodo	Tiempo (en horas)
Cuatrimestre 1	496,7843
Cuatrimestre 2	490,8433
Cuatrimestre 3	120,2647

Matriz de demanda por zona y periodo**Tabla 19.***Demanda de evacuación por zona geográfica y cuatrimestre (variable $d_{a,m}$)*

	Cuatrimestre 1	Cuatrimestre 2	Cuatrimestre 3
Noreste	1.070.931	1.030.996	1.085.404
Noroeste	0	0	125
Sur	0	0	0

Personas no evacuadas por zona y periodo**Tabla 20.***Personas no evacuadas por zona geográfica y cuatrimestre (variable $n_{a,m}$)*

	Cuatrimestre 1	Cuatrimestre 2	Cuatrimestre 3
Noreste	1	1996	0
Noroeste	0	0	0
Sur	0	0	0

Asignación de embarcaciones por periodo**Tabla 21.***Asignación de embarcaciones por cuatrimestre, variable $w_{1i,m}$* Cuatrimestre 1

$(1,1,1,1) = 1$	$(1,2,2,1) = 1$	$(1,3,3,1) = 1$	$(1,1,4,1) = 1$
$(1,2,5,1) = 1$	$(1,1,6,1) = 1$	$(1,3,7,1) = 1$	$(1,1,8,1) = 1$
$(1,2,9,1) = 1$	$(1,2,10,1) = 1$	$(1,3,11,1) = 1$	$(1,2,12,1) = 1$
$(1,3,13,1) = 1$	$(1,1,14,1) = 1$	$(1,1,15,1) = 1$	$(1,3,16,1) = 1$
$(1,1,17,1) = 1$	$(1,2,18,1) = 1$	$(1,1,19,1) = 1$	$(1,2,20,1) = 1$
$(1,2,21,1) = 1$	$(1,1,22,1) = 1$	$(1,2,23,1) = 1$	$(1,3,24,1) = 1$
$(1,2,25,1) = 1$	$(1,2,26,1) = 1$	$(1,3,27,1) = 1$	$(1,1,28,1) = 1$
$(1,1,29,1) = 1$	$(1,2,30,1) = 1$	$(1,1,31,1) = 1$	$(1,1,32,1) = 1$
$(1,1,33,1) = 1$	$(1,2,34,1) = 1$	$(1,3,35,1) = 1$	$(1,2,36,1) = 1$
$(1,1,37,1) = 1$	$(1,3,38,1) = 1$	$(1,2,39,1) = 1$	$(1,2,40,1) = 1$
$(1,2,41,1) = 1$	$(1,2,42,1) = 1$	$(1,2,43,1) = 1$	$(1,3,44,1) = 1$
$(1,3,45,1) = 1$	$(1,1,46,1) = 1$	$(1,1,50,1) = 1$	$(1,3,52,1) = 1$
$(1,1,53,1) = 1$	$(1,1,54,1) = 1$	$(1,3,55,1) = 1$	$(1,3,56,1) = 1$
$(1,2,57,1) = 1$	$(1,2,58,1) = 1$	$(1,2,59,1) = 1$	

Embarcaciones no utilizadas: 47, 48, 49, 51.

Cuatrimestre 2

$(1,2,1,2) = 1$	$(1,1,2,2) = 1$	$(1,3,3,2) = 1$	$(1,1,4,2) = 1$
$(1,1,5,2) = 1$	$(1,1,6,2) = 1$	$(1,1,7,2) = 1$	$(1,1,8,2) = 1$
$(1,2,9,2) = 1$	$(1,2,10,2) = 1$	$(1,3,11,2) = 1$	$(1,3,12,2) = 1$
$(1,2,13,2) = 1$	$(1,3,14,2) = 1$	$(1,2,15,2) = 1$	$(1,3,16,2) = 1$

$$(1,2,17,2) = 1 \quad (1,1,18,2) = 1 \quad (1,3,19,2) = 1 \quad (1,1,20,2) = 1$$

$$(1,2,21,2) = 1 \quad (1,3,22,2) = 1 \quad (1,1,23,2) = 1 \quad (1,1,24,2) = 1$$

$$(1,2,25,2) = 1 \quad (1,2,26,2) = 1 \quad (1,1,27,2) = 1 \quad (1,2,28,2) = 1$$

$$(1,2,29,2) = 1 \quad (1,1,30,2) = 1 \quad (1,2,31,2) = 1 \quad (1,3,32,2) = 1$$

$$(1,2,33,2) = 1 \quad (1,3,34,2) = 1 \quad (1,3,35,2) = 1 \quad (1,3,36,2) = 1$$

$$(1,1,37,2) = 1 \quad (1,2,38,2) = 1 \quad (1,1,39,2) = 1 \quad (1,2,40,2) = 1$$

$$(1,3,41,2) = 1 \quad (1,1,42,2) = 1 \quad (1,1,43,2) = 1 \quad (1,2,44,2) = 1$$

$$(1,1,45,2) = 1 \quad (1,3,46,2) = 1 \quad (1,2,47,2) = 1 \quad (1,2,48,2) = 1$$

$$(1,2,49,2) = 1 \quad (1,3,50,2) = 1 \quad (1,3,51,2) = 1 \quad (1,1,52,2) = 1$$

$$(1,3,53,2) = 1 \quad (1,2,54,2) = 1 \quad (1,1,55,2) = 1 \quad (1,1,57,2) = 1$$

$$(1,2,58,2) = 1 \quad (1,2,59,2) = 1$$

Embarcaciones no utilizadas: 56.

Cuatrimestre 3

$$(3,2,1,3) = 1 \quad (3,2,2,3) = 1 \quad (3,2,3,3) = 1 \quad (3,2,4,3) = 1$$

$$(3,2,5,3) = 1 \quad (3,2,6,3) = 1 \quad (3,2,7,3) = 1 \quad (3,2,8,3) = 1$$

$$(3,2,9,3) = 1 \quad (3,2,10,3) = 1 \quad (3,2,11,3) = 1 \quad (3,2,12,3) = 1$$

$$(3,2,13,3) = 1 \quad (3,2,14,3) = 1 \quad (3,2,15,3) = 1 \quad (3,2,16,3) = 1$$

$$(3,2,17,3) = 1 \quad (3,2,18,3) = 1 \quad (3,2,19,3) = 1 \quad (3,2,20,3) = 1$$

$$(3,2,21,3) = 1 \quad (3,2,22,3) = 1 \quad (3,2,23,3) = 1 \quad (3,2,24,3) = 1$$

$$(3,2,25,3) = 1 \quad (3,2,26,3) = 1 \quad (3,2,27,3) = 1 \quad (3,2,28,3) = 1$$

$$(3,2,29,3) = 1 \quad (3,2,30,3) = 1 \quad (3,2,31,3) = 1 \quad (3,2,32,3) = 1$$

$$(3,2,33,3) = 1 \quad (3,2,34,3) = 1 \quad (3,2,35,3) = 1 \quad (3,2,36,3) = 1$$

$$(3,2,37,3) = 1 \quad (3,2,38,3) = 1 \quad (3,2,39,3) = 1 \quad (3,2,40,3) = 1$$

$(3,2,41,3) = 1$ $(3,2,42,3) = 1$ $(3,2,43,3) = 1$ $(3,2,44,3) = 1$

$(3,2,45,3) = 1$ $(3,3,46,3) = 1$ $(3,3,47,3) = 1$ $(3,2,48,3) = 1$

$(3,2,49,3) = 1$ $(3,2,50,3) = 1$ $(3,1,51,3) = 1$ $(3,2,52,3) = 1$

$(3,3,53,3) = 1$ $(3,2,54,3) = 1$ $(3,3,55,3) = 1$ $(3,3,56,3) = 1$

$(3,3,57,3) = 1$ $(3,2,58,3) = 1$ $(3,2,59,3) = 1$

Embarcaciones no utilizadas: -.

Tiempo de uso de cada recurso por periodo

Tabla 22.

Tiempo de uso de cada recurso por cuatrimestre $s_{i,m}$

Tipo de recurso	Recursos	Cuatrimestre 1	Cuatrimestre 2	Cuatrimestre 3
Ferri convencional	Recurso 1	11,6667	32,7375	3,3333
	Recurso 2	11,1292	39,3033	3,3333
	Recurso 3	7,5125	36,3075	8,2500
	Recurso 4	164,8500	35,4500	3,3333
	Recurso 5	36,7292	35,7083	3,3333
	Recurso 6	96,6292	35,7083	3,3333
	Recurso 7	60,9500	52,0083	8,2500
	Recurso 8	38,8833	56,9000	3,3333
	Recurso 9	152,7750	94,7333	3,3333
	Recurso 10	38,0917	100,1667	3,3333
	Recurso 11	24,2542	15,0250	3,3333
	Recurso 12	35,4375	9,0375	3,3333
	Recurso 13	58,5458	34,2458	3,3333

	Recurso 14	32,1417	117,8042	3,3333
Ferri rápido	Recurso 15	30,8318	7,1079	76,7500
	Recurso 16	23,0855	8,1524	80,4500
	Recurso 17	40,5601	16,6434	61,9500
	Recurso 18	30,7982	15,3038	21,2500
	Recurso 19	7,8750	15,7883	32,3500
	Recurso 20	7,5553	62,5059	32,3500
	Recurso 21	7,5553	21,9391	91,5500
	Recurso 22	7,1908	22,3329	50,8500
	Recurso 23	30,9153	30,8774	65,6500
	Recurso 24	7,2734	23,1458	47,1500
	Recurso 25	20,8063	14,5208	39,7500
	Recurso 26	17,5324	25,2276	91,5500
	Recurso 27	7,3997	23,1458	61,9500
	Recurso 28	15,3038	25,2276	76,7500
	Recurso 29	26,0029	13,9386	24,9500
Buque ro-ro	Recurso 30	320,9241	371,7794	120,2647
	Recurso 31	334,1009	361,8962	120,2647
	Recurso 32	363,4591	331,5132	120,2647
	Recurso 33	363,7474	369,5756	120,2647
	Recurso 34	345,3112	340,9691	120,2647
	Recurso 35	372,5029	344,3771	120,2647
	Recurso 36	354,4806	331,1782	120,2647
Crucero	Recurso 37	192,3153	101,7104	115,6427

	Recurso 38	301,3725	42,8379	115,6427
	Recurso 39	316,8181	157,9897	115,6427
	Recurso 40	112,3397	307,1100	115,6427
	Recurso 41	294,4368	107,2030	115,6427
Salvamento marítimo - Guardamar	Recurso 42	35,9733	17,8933	111,3233
	Recurso 43	36,0167	31,0533	104,5667
	Recurso 44	23,3067	31,3733	105,9067
	Recurso 45	6,3100	29,4667	120,1867
	Recurso 46	27,8600	35,3233	119,4633
Salvamento Marítimo - Salvamar	Recurso 47	0,0000	24,8306	72,7411
	Recurso 48	0,0000	24,7336	65,9025
	Recurso 49	0,0000	24,3814	73,3411
	Recurso 50	20,1811	15,0982	73,5450
	Recurso 51	0,0000	21,8314	85,9854
	Recurso 52	14,2179	23,2614	92,5114
	Recurso 53	11,2782	23,3796	74,0964
	Recurso 54	22,0543	24,3814	77,9446
	Recurso 55	21,8314	25,3086	67,0779
	Recurso 56	23,8579	0,0000	64,4550
	Recurso 57	19,3507	20,1436	93,2136
SASEMAR – Buque polivalente	Recurso 58	496,7843	490,8433	114,3822
	Recurso 59	456,5472	463,6973	114,3822

Rutas de viaje de ida**Tabla 23.***Rutas de viaje de cada recurso por cada viaje de ida, $x_{ki,m}$* Cuatrimestre 1**Recurso 1:** $(1,4,1,1,1) = 1$ **Recurso 2:** $(2,6,1,2,1) = 1$ **Recurso 3:** $(3,1,1,3,1) = 1$ **Recurso 4:** $(1,5,1,4,1) = 1$ $(3,8,2,4,1) = 1$ $(2,2,3,4,1) = 1$ $(1,6,4,4,1) = 1$ $(1,3,5,4,1) = 1$ $(3,5,6,4,1) = 1$ $(1,7,7,4,1) = 1$ $(3,2,8,4,1) = 1$ $(1,4,9,4,1) = 1$ $(1,5,10,4,1) = 1$ $(2,6,11,4,1) = 1$ $(3,2,12,4,1) = 1$ $(3,4,13,4,1) = 1$ $(1,7,14,4,1) = 1$ $(1,4,15,4,1) = 1$ **Recurso 5:** $(2,6,1,5,1) = 1$ $(3,8,2,5,1) = 1$ $(3,7,3,5,1) = 1$ **Recurso 6:** $(1,5,1,6,1) = 1$ $(3,8,2,6,1) = 1$ $(3,8,3,6,1) = 1$ $(3,6,4,6,1) = 1$ $(1,6,5,6,1) = 1$ $(3,6,6,6,1) = 1$ $(1,5,7,6,1) = 1$ $(2,8,8,6,1) = 1$ **Recurso 7:** $(3,2,1,7,1) = 1$ $(3,8,2,7,1) = 1$ $(3,7,3,7,1) = 1$ $(3,3,4,7,1) = 1$ $(2,2,5,7,1) = 1$ $(2,7,6,7,1) = 1$ **Recurso 8:** $(1,4,1,8,1) = 1$ $(3,8,2,8,1) = 1$ $(3,8,3,8,1) = 1$ **Recurso 9:** $(2,6,1,9,1) = 1$ $(3,8,2,9,1) = 1$ $(3,8,3,9,1) = 1$ $(3,6,4,9,1) = 1$ $(2,7,5,9,1) = 1$ $(1,8,6,9,1) = 1$ $(2,4,7,9,1) = 1$ $(1,3,8,9,1) = 1$ $(2,1,9,9,1) = 1$ $(3,8,10,9,1) = 1$ $(2,4,11,9,1) = 1$ $(2,6,12,9,1) = 1$ $(1,7,13,9,1) = 1$ **Recurso 10:** $(2,7,1,10,1) = 1$ $(3,8,2,10,1) = 1$ $(3,8,3,10,1) = 1$ **Recurso 11:** $(3,4,1,11,1) = 1$ $(3,8,2,11,1) = 1$ **Recurso 12:** $(2,3,1,12,1) = 1$ $(3,8,2,12,1) = 1$ $(3,8,3,12,1) = 1$ **Recurso 13:** $(3,5,1,13,1) = 1$ $(3,8,2,13,1) = 1$ $(2,8,3,13,1) = 1$ $(3,7,4,13,1) = 1$ $(2,8,5,13,1) = 1$ **Recurso 14:** $(1,1,1,14,1) = 1$ $(3,8,2,14,1) = 1$ $(3,8,3,14,1) = 1$

Recurso 15: $(1,5,1,15,1) = 1$ $(3,8,2,15,1) = 1$ $(3,8,3,15,1) = 1$ $(1,1,4,15,1) = 1$

Recurso 16: $(3,5,1,16,1) = 1$ $(3,8,2,16,1) = 1$ $(3,8,3,16,1) = 1$

Recurso 17: $(1,5,1,17,1) = 1$ $(3,8,2,17,1) = 1$ $(3,8,3,17,1) = 1$ $(2,6,4,17,1) = 1$ $(3,4,5,17,1) = 1$

Recurso 18: $(2,6,1,18,1) = 1$ $(3,5,2,18,1) = 1$ $(3,8,3,18,1) = 1$ $(1,7,4,18,1) = 1$

Recurso 19: $(1,4,1,19,1) = 1$

Recurso 20: $(2,6,1,20,1) = 1$

Recurso 21: $(2,6,1,21,1) = 1$

Recurso 22: $(1,5,1,22,1) = 1$

Recurso 23: $(2,6,1,23,1) = 1$ $(3,5,2,23,1) = 1$ $(3,6,3,23,1) = 1$ $(1,5,4,23,1) = 1$

Recurso 24: $(3,6,1,24,1) = 1$

Recurso 25: $(2,6,1,25,1) = 1$ $(2,2,2,25,1) = 1$ $(3,7,3,25,1) = 1$

Recurso 26: $(2,2,1,26,1) = 1$ $(2,2,2,26,1) = 1$ $(3,7,3,26,1) = 1$

Recurso 27: $(3,7,1,27,1) = 1$

Recurso 28: $(1,8,1,28,1) = 1$ $(3,8,2,28,1) = 1$

Recurso 29: $(1,6,1,29,1) = 1$ $(3,8,2,29,1) = 1$ $(3,8,3,29,1) = 1$

Recurso 30: $(2,7,1,30,1) = 1$ $(3,8,2,30,1) = 1$ $(3,8,3,30,1) = 1$ $(1,6,4,30,1) = 1$ $(1,6,5,30,1) = 1$

$(3,8,6,30,1) = 1$ $(2,1,7,30,1) = 1$ $(2,7,8,30,1) = 1$ $(1,1,9,30,1) = 1$ $(3,2,10,30,1) = 1$

$(2,6,11,30,1) = 1$ $(2,6,12,30,1) = 1$ $(1,4,13,30,1) = 1$ $(3,7,14,30,1) = 1$ $(3,2,15,30,1) = 1$

$(1,1,16,30,1) = 1$ $(3,2,17,30,1) = 1$ $(1,1,18,30,1) = 1$ $(3,4,19,30,1) = 1$ $(1,1,20,30,1) = 1$

$(2,7,21,30,1) = 1$ $(2,2,22,30,1) = 1$

Recurso 31: $(1,8,1,31,1) = 1$ $(3,8,2,31,1) = 1$ $(3,7,3,31,1) = 1$ $(3,1,4,31,1) = 1$ $(2,7,5,31,1) = 1$

$(2,2,6,31,1) = 1$ $(2,6,7,31,1) = 1$ $(1,2,8,31,1) = 1$ $(3,1,9,31,1) = 1$ $(3,5,10,31,1) = 1$

$(1,5,11,31,1) = 1$ $(3,7,12,31,1) = 1$ $(3,2,13,31,1) = 1$ $(1,2,14,31,1) = 1$ $(3,2,15,31,1) = 1$

$$(3,2,16,31,1) = 1 \quad (1,7,17,31,1) = 1 \quad (1,1,18,31,1) = 1 \quad (1,6,19,31,1) = 1 \quad (1,4,20,31,1) = 1$$

$$(3,4,21,31,1) = 1 \quad (1,1,22,31,1) = 1 \quad (2,2,23,31,1) = 1 \quad (1,6,24,31,1) = 1$$

Recurso 32: $(1,7,1,32,1) = 1 \quad (3,8,2,32,1) = 1 \quad (3,8,3,32,1) = 1 \quad (1,3,4,32,1) = 1 \quad (1,3,5,32,1) = 1$

$$(1,3,6,32,1) = 1 \quad (2,6,7,32,1) = 1 \quad (3,6,8,32,1) = 1 \quad (3,5,9,32,1) = 1 \quad (1,8,10,32,1) = 1$$

$$(2,1,11,32,1) = 1 \quad (1,2,12,32,1) = 1 \quad (1,7,13,32,1) = 1 \quad (1,7,14,32,1) = 1 \quad (1,2,15,32,1) = 1$$

$$(2,6,16,32,1) = 1 \quad (2,6,17,32,1) = 1 \quad (1,7,18,32,1) = 1$$

$$(2,3,19,32,1) = 1 \quad (2,2,20,32,1) = 1 \quad (1,6,21,32,1) = 1 \quad (3,1,22,32,1) = 1 \quad (1,8,23,32,1) = 1$$

$$(1,3,24,32,1) = 1$$

Recurso 33: $(1,3,1,33,1) = 1 \quad (3,8,2,33,1) = 1 \quad (3,8,3,33,1) = 1 \quad (2,2,4,33,1) = 1 \quad (1,6,5,33,1) = 1$

$$(3,3,6,33,1) = 1 \quad (2,4,7,33,1) = 1 \quad (3,2,8,33,1) = 1 \quad (1,5,9,33,1) = 1 \quad (1,3,10,33,1) = 1$$

$$(3,3,11,33,1) = 1 \quad (2,6,12,33,1) = 1 \quad (2,1,13,33,1) = 1 \quad (1,2,14,33,1) = 1 \quad (2,8,15,33,1) = 1$$

$$(2,8,16,33,1) = 1 \quad (3,4,17,33,1) = 1 \quad (2,8,18,33,1) = 1 \quad (1,1,19,33,1) = 1 \quad (3,7,20,33,1) = 1$$

$$(3,4,21,33,1) = 1 \quad (2,8,22,33,1) = 1 \quad (2,7,23,33,1) = 1 \quad (3,1,24,33,1) = 1$$

Recurso 34: $(2,2,1,34,1) = 1 \quad (3,8,2,34,1) = 1 \quad (1,4,3,34,1) = 1 \quad (1,6,4,34,1) = 1 \quad (1,1,5,34,1) = 1$

$$(1,8,6,34,1) = 1 \quad (3,1,7,34,1) = 1 \quad (1,5,8,34,1) = 1 \quad (3,3,9,34,1) = 1 \quad (3,3,10,34,1) = 1$$

$$(2,4,11,34,1) = 1 \quad (2,4,12,34,1) = 1 \quad (2,6,13,34,1) = 1 \quad (2,4,14,34,1) = 1 \quad (2,1,15,34,1) = 1$$

$$(2,1,16,34,1) = 1 \quad (1,2,17,34,1) = 1 \quad (3,2,18,34,1) = 1 \quad (3,4,19,34,1) = 1 \quad (3,4,20,34,1) = 1$$

$$(2,5,21,34,1) = 1 \quad (3,1,22,34,1) = 1 \quad (2,7,23,34,1) = 1 \quad (1,6,24,34,1) = 1 \quad (1,1,25,34,1) = 1$$

Recurso 35: $(3,8,1,35,1) = 1 \quad (3,8,2,35,1) = 1 \quad (3,8,3,35,1) = 1 \quad (2,5,4,35,1) = 1 \quad (1,3,5,35,1) = 1$

$$(1,3,6,35,1) = 1 \quad (2,2,7,35,1) = 1 \quad (2,4,8,35,1) = 1 \quad (3,8,9,35,1) = 1 \quad (1,8,10,35,1) = 1$$

$$(3,8,11,35,1) = 1 \quad (1,5,12,35,1) = 1 \quad (3,8,13,35,1) = 1 \quad (3,5,14,35,1) = 1 \quad (1,7,15,35,1) = 1$$

$$(2,3,16,35,1) = 1 \quad (3,4,17,35,1) = 1 \quad (3,2,18,35,1) = 1 \quad (2,8,19,35,1) = 1 \quad (1,4,20,35,1) = 1$$

$$(2,3,21,35,1) = 1 \quad (2,5,22,35,1) = 1 \quad (2,8,23,35,1) = 1 \quad (2,2,24,35,1) = 1 \quad (3,1,25,35,1) = 1$$

Recurso 36: $(2,2,1,36,1) = 1$ $(3,8,2,36,1) = 1$ $(3,8,3,36,1) = 1$ $(2,2,4,36,1) = 1$ $(2,2,5,36,1) = 1$
 $(2,7,6,36,1) = 1$ $(1,8,7,36,1) = 1$ $(3,6,8,36,1) = 1$ $(3,1,9,36,1) = 1$ $(1,6,10,36,1) = 1$
 $(2,2,11,36,1) = 1$ $(1,5,12,36,1) = 1$ $(3,3,13,36,1) = 1$ $(3,4,14,36,1) = 1$ $(1,2,15,36,1) = 1$
 $(2,1,16,36,1) = 1$ $(2,1,17,36,1) = 1$ $(1,2,18,36,1) = 1$ $(2,8,19,36,1) = 1$ $(2,8,20,36,1) = 1$
 $(1,4,21,36,1) = 1$ $(2,3,22,36,1) = 1$ $(3,7,23,36,1) = 1$ $(1,6,24,36,1) = 1$ $(2,2,25,36,1) = 1$

Recurso 37: $(1,6,1,37,1) = 1$ $(3,8,2,37,1) = 1$ $(3,8,3,37,1) = 1$ $(1,1,4,37,1) = 1$ $(3,7,5,37,1) = 1$
 $(3,4,6,37,1) = 1$ $(3,5,7,37,1) = 1$ $(1,5,8,37,1) = 1$ $(3,6,9,37,1) = 1$ $(3,6,10,37,1) = 1$
 $(2,7,11,37,1) = 1$ $(3,3,12,37,1) = 1$ $(3,5,13,37,1) = 1$ $(3,5,14,37,1) = 1$ $(3,5,15,37,1) = 1$

Recurso 38: $(3,2,1,38,1) = 1$ $(3,8,2,38,1) = 1$ $(1,4,3,38,1) = 1$ $(3,1,4,38,1) = 1$ $(3,4,5,38,1) = 1$
 $(2,2,6,38,1) = 1$ $(1,1,7,38,1) = 1$ $(1,3,8,38,1) = 1$ $(2,3,9,38,1) = 1$ $(3,1,10,38,1) = 1$
 $(1,6,11,38,1) = 1$ $(1,8,12,38,1) = 1$ $(3,5,13,38,1) = 1$ $(1,8,14,38,1) = 1$ $(3,5,15,38,1) = 1$
 $(1,5,16,38,1) = 1$ $(2,6,17,38,1) = 1$ $(3,2,18,38,1) = 1$ $(2,1,19,38,1) = 1$ $(3,4,20,38,1) = 1$
 $(2,8,21,38,1) = 1$ $(3,4,22,38,1) = 1$ $(1,1,23,38,1) = 1$ $(2,5,24,38,1) = 1$

Recurso 39: $(2,4,1,39,1) = 1$ $(3,8,2,39,1) = 1$ $(3,8,3,39,1) = 1$ $(2,3,4,39,1) = 1$ $(2,5,5,39,1) = 1$
 $(3,7,6,39,1) = 1$ $(2,6,7,39,1) = 1$ $(1,4,8,39,1) = 1$ $(1,6,9,39,1) = 1$ $(2,5,10,39,1) = 1$
 $(2,2,11,39,1) = 1$ $(3,8,12,39,1) = 1$ $(3,6,13,39,1) = 1$ $(1,5,14,39,1) = 1$ $(1,5,15,39,1) = 1$
 $(2,6,16,39,1) = 1$ $(1,2,17,39,1) = 1$ $(1,2,18,39,1) = 1$ $(1,2,19,39,1) = 1$ $(3,7,20,39,1) = 1$
 $(3,4,21,39,1) = 1$ $(2,8,22,39,1) = 1$ $(3,4,23,39,1) = 1$

Recurso 40: $(2,2,1,40,1) = 1$ $(3,8,2,40,1) = 1$ $(3,2,3,40,1) = 1$ $(3,4,4,40,1) = 1$ $(2,8,5,40,1) = 1$
 $(1,6,6,40,1) = 1$ $(2,6,7,40,1) = 1$ $(3,2,8,40,1) = 1$ $(2,5,9,40,1) = 1$

Recurso 41: $(2,2,1,41,1) = 1$ $(3,8,2,41,1) = 1$ $(3,8,3,41,1) = 1$ $(3,4,4,41,1) = 1$ $(1,7,5,41,1) = 1$
 $(3,4,6,41,1) = 1$ $(2,3,7,41,1) = 1$ $(3,7,8,41,1) = 1$ $(2,8,9,41,1) = 1$ $(3,1,10,41,1) = 1$
 $(2,5,11,41,1) = 1$ $(1,3,12,41,1) = 1$ $(1,3,13,41,1) = 1$ $(2,2,14,41,1) = 1$ $(3,6,15,41,1) = 1$

$$(2,1,16,41,1) = 1 \quad (2,4,17,41,1) = 1 \quad (1,2,18,41,1) = 1 \quad (1,7,19,41,1) = 1 \quad (2,3,20,41,1) = 1$$

$$(1,2,21,41,1) = 1 \quad (2,3,22,41,1) = 1 \quad (1,2,23,41,1) = 1$$

Recurso 42: $(2,8,1,42,1) = 1 \quad (1,5,2,42,1) = 1 \quad (3,8,3,42,1) = 1 \quad (2,8,4,42,1) = 1$

Recurso 43: $(2,3,1,43,1) = 1 \quad (3,8,2,43,1) = 1 \quad (3,8,3,43,1) = 1 \quad (1,2,4,43,1) = 1$

Recurso 44: $(3,1,1,44,1) = 1 \quad (2,6,2,44,1) = 1 \quad (3,7,3,44,1) = 1$

Recurso 45: $(3,1,1,45,1) = 1$

Recurso 46: $(1,4,1,46,1) = 1 \quad (3,3,2,46,1) = 1 \quad (3,7,3,46,1) = 1$

Recurso 47: -

Recurso 48: -

Recurso 49: -

Recurso 50: $(1,8,1,50,1) = 1 \quad (2,4,2,50,1) = 1 \quad (3,7,3,50,1) = 1$

Recurso 51: -

Recurso 52: $(3,3,1,52,1) = 1 \quad (3,8,2,52,1) = 1$

Recurso 53: $(1,1,1,53,1) = 1 \quad (3,8,2,53,1) = 1$

Recurso 54: $(1,2,1,54,1) = 1 \quad (3,8,2,54,1) = 1 \quad (3,8,3,54,1) = 1$

Recurso 55: $(3,5,1,55,1) = 1 \quad (3,8,2,55,1) = 1 \quad (3,8,3,55,1) = 1$

Recurso 56: $(3,4,1,56,1) = 1 \quad (3,8,2,56,1) = 1 \quad (3,7,3,56,1) = 1$

Recurso 57: $(2,1,1,57,1) = 1 \quad (3,8,2,57,1) = 1 \quad (3,8,3,57,1) = 1$

Recurso 58: $(2,7,1,58,1) = 1 \quad (3,8,2,58,1) = 1 \quad (3,6,3,58,1) = 1 \quad (3,6,4,58,1) = 1 \quad (2,5,5,58,1) = 1$

$$(1,8,6,58,1) = 1 \quad (2,7,7,58,1) = 1 \quad (1,8,8,58,1) = 1 \quad (1,4,9,58,1) = 1 \quad (2,4,10,58,1) = 1$$

$$(1,5,11,58,1) = 1 \quad (3,8,12,58,1) = 1 \quad (1,5,13,58,1) = 1 \quad (3,5,14,58,1) = 1 \quad (1,5,15,58,1) = 1$$

$$(3,5,16,58,1) = 1 \quad (1,4,17,58,1) = 1 \quad (3,4,18,58,1) = 1 \quad (3,7,19,58,1) = 1 \quad (3,4,20,58,1) = 1$$

$$(3,1,21,58,1) = 1 \quad (3,6,22,58,1) = 1 \quad (3,6,23,58,1) = 1 \quad (2,7,24,58,1) = 1$$

Recurso 59: $(2,7,1,59,1) = 1$ $(3,8,2,59,1) = 1$ $(3,8,3,59,1) = 1$ $(1,1,4,59,1) = 1$ $(2,8,5,59,1) = 1$
 $(2,5,6,59,1) = 1$ $(3,3,7,59,1) = 1$ $(2,5,8,59,1) = 1$ $(3,6,9,59,1) = 1$ $(2,7,10,59,1) = 1$
 $(2,4,11,59,1) = 1$ $(2,1,12,59,1) = 1$ $(2,1,13,59,1) = 1$ $(1,5,14,59,1) = 1$ $(3,7,15,59,1) = 1$
 $(2,6,16,59,1) = 1$ $(2,8,17,59,1) = 1$ $(3,2,18,59,1) = 1$ $(1,1,19,59,1) = 1$ $(3,4,20,59,1) = 1$
 $(3,7,21,59,1) = 1$ $(2,2,22,59,1) = 1$ $(1,4,23,59,1) = 1$

Cuatrimestre 2

Recurso 1: $(2,2,1,1,2) = 1$ $(3,8,2,1,2) = 1$ $(3,8,3,1,2) = 1$

Recurso 2: $(1,7,1,2,2) = 1$ $(3,8,2,2,2) = 1$ $(3,8,3,2,2) = 1$

Recurso 3: $(3,3,1,3,2) = 1$ $(3,8,2,3,2) = 1$ $(3,8,3,3,2) = 1$

Recurso 4: $(1,8,1,4,2) = 1$ $(3,8,2,4,2) = 1$ $(2,8,3,4,2) = 1$

Recurso 5: $(1,5,1,5,2) = 1$ $(3,8,2,5,2) = 1$ $(3,8,3,5,2) = 1$

Recurso 6: $(1,3,1,6,2) = 1$ $(3,8,2,6,2) = 1$ $(3,6,3,6,2) = 1$

Recurso 7: $(1,4,1,7,2) = 1$ $(3,8,2,7,2) = 1$ $(3,8,3,7,2) = 1$ $(3,4,4,7,2) = 1$

Recurso 8: $(1,3,1,8,2) = 1$ $(3,8,2,8,2) = 1$ $(3,8,3,8,2) = 1$ $(1,4,4,8,2) = 1$ $(2,3,5,8,2) = 1$

Recurso 9: $(2,7,1,9,2) = 1$ $(3,5,2,9,2) = 1$ $(3,7,3,9,2) = 1$ $(2,6,4,9,2) = 1$ $(3,2,5,9,2) = 1$
 $(1,2,6,9,2) = 1$ $(2,6,7,9,2) = 1$ $(2,1,8,9,2) = 1$ $(2,1,9,9,2) = 1$ $(3,4,10,9,2) = 1$

Recurso 10: $(2,7,1,10,2) = 1$ $(3,8,2,10,2) = 1$ $(3,7,3,10,2) = 1$ $(1,7,4,10,2) = 1$ $(3,5,5,10,2) = 1$
 $(3,2,6,10,2) = 1$ $(3,7,7,10,2) = 1$ $(3,6,8,10,2) = 1$ $(3,4,9,10,2) = 1$

Recurso 11: $(3,1,1,11,2) = 1$ $(3,3,2,11,2) = 1$

Recurso 12: $(3,5,1,12,2) = 1$

Recurso 13: $(2,3,1,13,2) = 1$ $(3,8,2,13,2) = 1$ $(3,7,3,13,2) = 1$

Recurso 14: $(3,1,1,14,2) = 1$ $(3,3,2,14,2) = 1$ $(1,5,3,14,2) = 1$ $(2,4,4,14,2) = 1$ $(2,1,5,14,2) = 1$
 $(1,5,6,14,2) = 1$ $(1,6,7,14,2) = 1$ $(2,1,8,14,2) = 1$ $(1,7,9,14,2) = 1$ $(3,4,10,14,2) = 1$

$$(2,3,11,14,2) = 1 \quad (2,8,12,14,2) = 1$$

Recurso 15: $(2,4,1,15,2) = 1$

Recurso 16: $(3,8,1,16,2) = 1$

Recurso 17: $(2,6,1,17,2) = 1 \quad (1,6,2,17,2) = 1$

Recurso 18: $(1,8,1,18,2) = 1 \quad (3,8,2,18,2) = 1$

Recurso 19: $(3,6,1,19,2) = 1 \quad (3,8,2,19,2) = 1$

Recurso 20: $(1,2,1,20,2) = 1 \quad (3,8,2,20,2) = 1 \quad (3,7,3,20,2) = 1 \quad (1,8,4,20,2) = 1 \quad (2,7,5,20,2) = 1$

$$(2,7,6,20,2) = 1 \quad (1,5,7,20,2) = 1 \quad (2,7,8,20,2) = 1$$

Recurso 21: $(2,3,1,21,2) = 1 \quad (3,8,2,21,2) = 1 \quad (3,5,3,21,2) = 1$

Recurso 22: $(3,5,1,22,2) = 1 \quad (3,8,2,22,2) = 1 \quad (3,7,3,22,2) = 1$

Recurso 23: $(1,8,1,23,2) = 1 \quad (3,8,2,23,2) = 1 \quad (3,7,3,23,2) = 1 \quad (1,1,4,23,2) = 1$

Recurso 24: $(1,2,1,24,2) = 1 \quad (3,8,2,24,2) = 1 \quad (3,8,2,24,2) = 1$

Recurso 25: $(2,3,1,25,2) = 1 \quad (3,8,2,25,2) = 1$

Recurso 26: $(2,4,1,26,2) = 1 \quad (3,8,2,26,2) = 1 \quad (3,8,3,26,2) = 1$

Recurso 27: $(1,2,1,27,2) = 1 \quad (3,8,2,27,2) = 1 \quad (3,8,3,27,2) = 1$

Recurso 28: $(2,4,1,28,2) = 1 \quad (3,8,2,28,2) = 1 \quad (3,8,3,28,2) = 1$

Recurso 29: $(2,5,1,29,2) = 1 \quad (3,8,2,29,2) = 1$

Recurso 30: $(1,8,1,30,2) = 1 \quad (3,8,2,30,2) = 1 \quad (3,8,3,30,2) = 1 \quad (2,3,4,30,2) = 1 \quad (1,7,5,30,2) = 1$

$$(2,3,6,30,2) = 1 \quad (2,6,7,30,2) = 1 \quad (3,5,8,30,2) = 1 \quad (2,2,9,30,2) = 1 \quad (3,6,10,30,2) = 1$$

$$(2,5,11,30,2) = 1 \quad (3,8,12,30,2) = 1 \quad (3,1,13,30,2) = 1 \quad (1,5,14,30,2) = 1 \quad (3,3,15,30,2) = 1$$

$$(1,2,16,30,2) = 1 \quad (3,8,17,30,2) = 1 \quad (3,8,18,30,2) = 1 \quad (2,4,19,30,2) = 1 \quad (2,6,20,30,2) = 1$$

$$(2,1,21,30,2) = 1 \quad (1,7,22,30,2) = 1 \quad (1,4,23,30,2) = 1 \quad (3,4,24,30,2) = 1$$

Recurso 31: $(2,8,1,31,2) = 1 \quad (3,8,2,31,2) = 1 \quad (3,6,3,31,2) = 1 \quad (3,2,4,31,2) = 1 \quad (2,3,5,31,2) = 1$

$$\begin{aligned}
 (3,4,6,31,2) &= 1 \quad (2,3,7,31,2) = 1 \quad (1,7,8,31,2) = 1 \quad (1,4,9,31,2) = 1 \quad (3,6,10,31,2) = 1 \\
 (1,3,11,31,2) &= 1 \quad (2,5,12,31,2) = 1 \quad (3,1,13,31,2) = 1 \quad (3,8,14,31,2) = 1 \quad (1,3,15,31,2) = 1 \\
 (3,8,16,31,2) &= 1 \quad (3,8,17,31,2) = 1 \quad (3,3,18,31,2) = 1 \quad (3,2,19,31,2) = 1 \quad (1,2,20,31,2) = 1 \\
 (1,2,21,31,2) &= 1 \quad (2,1,22,31,2) = 1 \quad (2,6,23,31,2) = 1 \quad (1,7,24,31,2) = 1
 \end{aligned}$$

Recurso 32:

$$\begin{aligned}
 (3,3,1,32,2) &= 1 \quad (2,3,2,32,2) = 1 \quad (3,8,3,32,2) = 1 \quad (3,5,4,32,2) = 1 \quad (3,7,5,32,2) = 1 \\
 (2,3,6,32,2) &= 1 \quad (3,8,7,32,2) = 1 \quad (1,1,8,32,2) = 1 \quad (2,8,9,32,2) = 1 \quad (3,1,10,32,2) = 1 \\
 (3,1,11,32,2) &= 1 \quad (3,1,12,32,2) = 1 \quad (2,2,13,32,2) = 1 \quad (3,3,14,32,2) = 1 \quad (2,2,15,32,2) = 1 \\
 (2,7,16,32,2) &= 1 \quad (1,8,17,32,2) = 1 \quad (2,6,18,32,2) = 1 \quad (1,5,19,32,2) = 1 \quad (1,2,20,32,2) = 1 \\
 (1,2,21,32,2) &= 1 \quad (2,8,22,32,2) = 1 \quad (2,8,23,32,2) = 1 \quad (3,2,24,32,2) = 1
 \end{aligned}$$

Recurso 33:

$$\begin{aligned}
 (2,3,1,33,2) &= 1 \quad (1,2,2,33,2) = 1 \quad (3,8,3,33,2) = 1 \quad (3,7,4,33,2) = 1 \quad (1,4,5,33,2) = 1 \\
 (1,2,6,33,2) &= 1 \quad (2,6,7,33,2) = 1 \quad (2,7,8,33,2) = 1 \quad (1,4,9,33,2) = 1 \quad (1,6,10,33,2) = 1 \\
 (2,5,11,33,2) &= 1 \quad (2,2,12,33,2) = 1 \quad (3,3,13,33,2) = 1 \quad (3,6,14,33,2) = 1 \quad (3,8,15,33,2) = 1 \\
 (1,8,16,33,2) &= 1 \quad (1,3,17,33,2) = 1 \quad (3,3,18,33,2) = 1 \quad (2,4,19,33,2) = 1 \quad (2,4,20,33,2) = 1 \\
 (3,5,21,33,2) &= 1 \quad (2,3,22,33,2) = 1 \quad (2,6,23,33,2) = 1 \quad (1,7,24,33,2) = 1
 \end{aligned}$$

Recurso 34:

$$\begin{aligned}
 (3,3,1,34,2) &= 1 \quad (3,8,2,34,2) = 1 \quad (3,8,3,34,2) = 1 \quad (1,2,4,34,2) = 1 \quad (2,1,5,34,2) = 1 \\
 (1,2,6,34,2) &= 1 \quad (3,8,7,34,2) = 1 \quad (1,3,8,34,2) = 1 \quad (3,1,9,34,2) = 1 \quad (2,8,10,34,2) = 1 \\
 (2,2,11,34,2) &= 1 \quad (2,7,12,34,2) = 1 \quad (2,7,13,34,2) = 1 \quad (2,7,14,34,2) = 1 \quad (3,6,15,34,2) = 1 \\
 (2,2,16,34,2) &= 1 \quad (2,4,17,34,2) = 1 \quad (3,3,18,34,2) = 1 \quad (1,2,19,34,2) = 1 \quad (3,3,20,34,2) = 1 \\
 (1,5,21,34,2) &= 1 \quad (3,8,22,34,2) = 1 \quad (2,1,23,34,2) = 1 \quad (3,5,24,34,2) = 1
 \end{aligned}$$

Recurso 35:

$$\begin{aligned}
 (3,7,1,35,2) &= 1 \quad (3,5,2,35,2) = 1 \quad (3,7,3,35,2) = 1 \quad (2,4,4,35,2) = 1 \quad (3,2,5,35,2) = 1 \\
 (3,5,6,35,2) &= 1 \quad (3,6,7,35,2) = 1 \quad (1,6,8,35,2) = 1 \quad (3,4,9,35,2) = 1 \quad (1,4,10,35,2) = 1 \\
 (1,1,11,35,2) &= 1 \quad (2,5,12,35,2) = 1 \quad (3,4,13,35,2) = 1 \quad (1,3,14,35,2) = 1 \quad (1,1,15,35,2) = 1 \\
 (3,1,16,35,2) &= 1 \quad (3,6,17,35,2) = 1 \quad (3,6,18,35,2) = 1 \quad (1,3,19,35,2) = 1 \quad (2,4,20,35,2) = 1
 \end{aligned}$$

$$(3,8,21,35,2) = 1(3,2,22,35,2) = 1(3,5,23,35,2) = 1(3,7,24,35,2) = 1$$

Recurso 36: $(3,2,1,36,2) = 1$ $(3,3,2,36,2) = 1$ $(1,2,3,36,2) = 1$ $(2,6,4,36,2) = 1$ $(3,2,5,36,2) = 1$

$$(2,3,6,36,2) = 1$$
 $(2,3,7,36,2) = 1$ $(1,3,8,36,2) = 1$ $(1,3,9,36,2) = 1$ $(2,5,10,36,2) = 1$

$$(2,8,11,36,2) = 1$$
 $(3,6,12,36,2) = 1$ $(3,1,13,36,2) = 1$ $(2,2,14,36,2) = 1$ $(2,2,15,36,2) = 1$

$$(1,1,16,36,2) = 1$$
 $(2,4,17,36,2) = 1$ $(1,3,18,36,2) = 1$ $(3,3,19,36,2) = 1$ $(2,7,20,36,2) = 1$

$$(2,6,21,36,2) = 1$$
 $(3,5,22,36,2) = 1$ $(3,8,23,36,2) = 1$ $(1,5,24,36,2) = 1$

Recurso 37: $(1,4,1,37,2) = 1$ $(3,8,2,37,2) = 1$ $(3,7,3,37,2) = 1$ $(3,3,4,37,2) = 1$ $(3,2,5,37,2) = 1$

$$(3,5,6,37,2) = 1$$
 $(3,2,7,37,2) = 1$ $(1,7,8,37,2) = 1$

Recurso 38: $(2,1,1,38,2) = 1$ $(3,6,2,38,2) = 1$ $(3,5,3,38,2) = 1$ $(3,3,4,38,2) = 1$

Recurso 39: $(1,1,1,39,2) = 1$ $(3,3,2,39,2) = 1$ $(3,5,3,39,2) = 1$ $(1,5,4,39,2) = 1$ $(1,8,5,39,2) = 1$

$$(1,2,6,39,2) = 1$$
 $(2,6,7,39,2) = 1$ $(3,1,8,39,2) = 1$ $(3,7,9,39,2) = 1$ $(2,6,10,39,2) = 1$

$$(3,7,11,39,2) = 1$$
 $(2,8,12,39,2) = 1$ $(2,5,13,39,2) = 1$

Recurso 40: $(2,4,1,40,2) = 1$ $(3,3,2,40,2) = 1$ $(2,2,3,40,2) = 1$ $(3,5,4,40,2) = 1$ $(2,4,5,40,2) = 1$

$$(1,2,6,40,2) = 1$$
 $(2,1,7,40,2) = 1$ $(2,3,8,40,2) = 1$ $(1,4,9,40,2) = 1$ $(1,7,10,40,2) = 1$

$$(1,4,11,40,2) = 1$$
 $(2,6,12,40,2) = 1$ $(3,4,13,40,2) = 1$ $(3,4,14,40,2) = 1$ $(2,8,15,40,2) = 1$

$$(2,8,16,40,2) = 1$$
 $(3,6,17,40,2) = 1$ $(2,2,18,40,2) = 1$ $(1,8,19,40,2) = 1$ $(1,3,20,40,2) = 1$

$$(3,8,21,40,2) = 1$$
 $(2,1,22,40,2) = 1$ $(3,5,23,40,2) = 1$ $(2,6,24,40,2) = 1$

Recurso 41: $(3,5,1,41,2) = 1$ $(2,4,2,41,2) = 1$ $(2,2,3,41,2) = 1$ $(2,2,4,41,2) = 1$ $(3,3,5,41,2) = 1$

$$(2,6,6,41,2) = 1$$
 $(3,3,7,41,2) = 1$ $(3,4,8,41,2) = 1$ $(3,1,9,41,2) = 1$

Recurso 42: $(1,5,1,42,2) = 1$ $(3,8,2,42,2) = 1$

Recurso 43: $(1,4,1,43,2) = 1$ $(3,8,2,43,2) = 1$ $(3,7,3,43,1) = 1$

Recurso 44: $(2,7,1,44,2) = 1$ $(3,8,2,44,2) = 1$ $(3,8,3,44,2) = 1$

Recurso 45: $(1,5,1,45,2) = 1$ $(3,8,2,45,2) = 1$ $(3,8,3,45,2) = 1$

Recurso 46: $(3,2,1,46,2) = 1$ $(3,8,2,46,2) = 1$ $(3,8,3,46,2) = 1$ $(1,6,4,46,2) = 1$

Recurso 47: $(2,7,1,47,2) = 1$ $(3,8,2,47,2) = 1$ $(3,8,3,47,2) = 1$

Recurso 48: $(2,6,1,48,2) = 1$ $(3,8,2,48,2) = 1$ $(3,8,3,48,2) = 1$

Recurso 49: $(2,4,1,49,2) = 1$ $(3,8,2,49,2) = 1$ $(3,8,3,49,2) = 1$

Recurso 50: $(3,6,1,50,2) = 1$ $(3,8,2,50,2) = 1$

Recurso 51: $(3,5,1,51,2) = 1$ $(3,8,2,51,2) = 1$ $(3,8,3,51,2) = 1$

Recurso 52: $(1,8,1,52,2) = 1$ $(3,8,2,52,2) = 1$ $(3,8,3,52,2) = 1$

Recurso 53: $(3,3,1,53,2) = 1$ $(3,8,2,53,2) = 1$ $(3,8,3,53,2) = 1$

Recurso 54: $(2,4,1,54,2) = 1$ $(3,8,2,54,2) = 1$ $(3,8,3,54,2) = 1$

Recurso 55: $(2,4,1,55,2) = 1$ $(3,8,2,55,2) = 1$ $(3,8,3,55,2) = 1$

Recurso 56: -

Recurso 57: $(1,3,1,57,2) = 1$ $(2,3,2,57,2) = 1$ $(3,8,3,57,2) = 1$

Recurso 58: $(2,4,1,58,2) = 1$ $(1,5,2,58,2) = 1$ $(3,8,3,58,2) = 1$ $(3,7,4,58,2) = 1$ $(3,7,5,58,2) = 1$

$(2,3,6,58,2) = 1$ $(1,2,7,58,2) = 1$ $(3,5,8,58,2) = 1$ $(3,4,9,58,2) = 1$ $(1,6,10,58,2) = 1$

$(2,2,11,58,2) = 1$ $(3,6,12,58,2) = 1$ $(2,5,13,58,2) = 1$ $(3,3,14,58,2) = 1$ $(3,8,15,58,2) = 1$

$(2,7,16,58,2) = 1$ $(3,8,17,58,2) = 1$ $(3,3,18,58,2) = 1$ $(2,1,19,58,2) = 1$ $(3,3,20,58,2) = 1$

$(1,2,21,58,2) = 1$ $(1,7,22,58,2) = 1$ $(3,7,23,58,2) = 1$ $(2,1,24,58,2) = 1$

Recurso 59: $(2,2,1,59,2) = 1$ $(1,5,2,59,2) = 1$ $(1,2,3,59,2) = 1$ $(3,5,4,59,2) = 1$ $(3,5,5,59,2) = 1$

$(3,5,6,59,2) = 1$ $(1,2,7,59,2) = 1$ $(1,5,8,59,2) = 1$ $(1,3,9,59,2) = 1$ $(1,6,10,59,2) = 1$

$(1,1,11,59,2) = 1$ $(1,4,12,59,2) = 1$ $(2,7,13,59,2) = 1$ $(1,1,14,59,2) = 1$ $(3,6,15,59,2) = 1$

$(2,4,16,59,2) = 1$ $(1,8,17,59,2) = 1$ $(1,5,18,59,2) = 1$ $(3,3,19,59,2) = 1$ $(3,5,20,59,2) = 1$

$(1,7,21,59,2) = 1$ $(1,7,22,59,2) = 1$ $(1,2,23,59,2) = 1$ $(2,1,24,59,2) = 1$

Cuatrimestre 3**Recurso 1:** $(2,1,1,1,3) = 1$ **Recurso 2:** $(2,1,1,2,3) = 1$ **Recurso 3:** $(2,1,1,3,3) = 1$ $(2,1,2,3,3) = 1$ **Recurso 4:** $(2,1,1,4,3) = 1$ **Recurso 5:** $(2,1,1,5,3) = 1$ **Recurso 6:** $(2,1,1,6,3) = 1$ **Recurso 7:** $(2,1,1,7,3) = 1$ $(2,1,2,7,3) = 1$ **Recurso 8:** $(2,1,1,8,3) = 1$ **Recurso 9:** $(2,1,1,9,3) = 1$ **Recurso 10:** $(2,1,1,10,3) = 1$ **Recurso 11:** $(2,1,1,11,3) = 1$ **Recurso 12:** $(2,1,1,12,3) = 1$ **Recurso 13:** $(2,1,1,13,3) = 1$ **Recurso 14:** $(2,1,1,14,3) = 1$ **Recurso 15:** $(2,1,1,15,3) = 1$ $(2,1,2,15,3) = 1$ $(2,1,3,15,3) = 1$ $(2,1,4,15,3) = 1$ $(2,1,5,15,3) = 1$ $(2,1,6,15,3) = 1$ $(2,1,7,15,3) = 1$ $(2,1,8,15,3) = 1$ $(2,1,9,15,3) = 1$ $(2,1,10,15,3) = 1$ $(2,1,11,15,3) = 1$ $(2,1,12,15,3) = 1$ $(2,1,13,15,3) = 1$ $(2,1,14,15,3) = 1$ $(2,1,15,15,3) = 1$ $(2,1,16,15,3) = 1$ $(2,1,17,15,3) = 1$ $(2,1,18,15,3) = 1$ $(2,1,19,15,3) = 1$ $(2,1,20,15,3) = 1$ $(2,1,21,15,3) = 1$ **Recurso 16:** $(2,1,1,16,3) = 1$ $(2,1,2,16,3) = 1$ $(2,1,3,16,3) = 1$ $(2,1,4,16,3) = 1$ $(2,1,5,16,3) = 1$ $(2,1,6,16,3) = 1$ $(2,1,7,16,3) = 1$ $(2,1,8,16,3) = 1$ $(2,1,9,16,3) = 1$ $(2,1,10,16,3) = 1$ $(2,1,11,16,3) = 1$ $(2,1,12,16,3) = 1$ $(2,1,13,16,3) = 1$ $(2,1,14,16,3) = 1$ $(2,1,15,16,3) = 1$

$$(2,1,16,16,3) = 1 \quad (2,1,17,16,3) = 1 \quad (2,1,18,16,3) = 1 \quad (2,1,19,16,3) = 1 \quad (2,1,20,16,3) = 1$$

$$(2,1,21,16,3) = 1 \quad (2,1,22,16,3) = 1$$

Recurso 17: $(2,1,1,17,3) = 1 \quad (2,1,2,17,3) = 1 \quad (2,1,3,17,3) = 1 \quad (2,1,4,17,3) = 1 \quad (2,1,5,17,3) = 1$

$$(2,1,6,17,3) = 1 \quad (2,1,7,17,3) = 1 \quad (2,1,8,17,3) = 1 \quad (2,1,9,17,3) = 1 \quad (2,1,17,17,3) = 1$$

$$(2,1,11,17,3) = 1 \quad (2,1,12,17,3) = 1 \quad (2,1,17,17,3) = 1 \quad (2,1,14,17,3) = 1 \quad (2,1,15,17,3) = 1$$

$$(2,1,16,17,3) = 1 \quad (2,1,17,17,3) = 1 \quad (2,1,18,17,3) = 1 \quad (2,1,19,17,3) = 1 \quad (2,1,20,17,3) = 1$$

$$(2,1,21,17,3) = 1 \quad (2,8,22,17,3) = 1$$

Recurso 18: $(2,1,1,18,3) = 1 \quad (2,1,2,18,3) = 1 \quad (2,1,3,18,3) = 1 \quad (2,1,4,18,3) = 1 \quad (2,1,5,18,3) = 1$

$$(2,1,6,18,3) = 1$$

Recurso 19: $(2,1,1,19,3) = 1 \quad (2,1,2,19,3) = 1 \quad (2,1,3,19,3) = 1 \quad (2,1,4,19,3) = 1 \quad (2,1,5,19,3) = 1$

$$(2,1,6,19,3) = 1 \quad (2,1,7,19,3) = 1 \quad (2,1,8,19,3) = 1 \quad (2,1,9,19,3) = 1$$

Recurso 20: $(2,1,1,20,3) = 1 \quad (2,1,2,20,3) = 1 \quad (2,1,3,20,3) = 1 \quad (2,1,4,20,3) = 1 \quad (2,1,5,20,3) = 1$

$$(2,1,6,20,3) = 1 \quad (2,1,7,20,3) = 1 \quad (2,1,8,20,3) = 1 \quad (2,1,9,20,3) = 1$$

Recurso 21: $(2,1,1,21,3) = 1 \quad (2,1,2,21,3) = 1 \quad (2,1,3,21,3) = 1 \quad (2,1,4,21,3) = 1 \quad (2,1,5,21,3) = 1$

$$(2,1,6,21,3) = 1 \quad (2,1,7,21,3) = 1 \quad (2,1,8,21,3) = 1 \quad (2,1,9,21,3) = 1 \quad (2,1,21,21,3) = 1$$

$$(2,1,11,21,3) = 1 \quad (2,1,12,21,3) = 1 \quad (2,1,21,21,3) = 1 \quad (2,1,14,21,3) = 1 \quad (2,1,15,21,3) = 1$$

$$(2,1,16,21,3) = 1 \quad (2,1,17,21,3) = 1 \quad (2,1,18,21,3) = 1 \quad (2,1,19,21,3) = 1 \quad (2,1,20,21,3) = 1$$

$$(2,1,21,21,3) = 1 \quad (2,1,22,21,3) = 1 \quad (2,1,23,21,3) = 1 \quad (2,1,24,21,3) = 1 \quad (2,1,25,21,3) = 1$$

Recurso 22: $(2,1,1,22,3) = 1 \quad (2,1,2,22,3) = 1 \quad (2,1,3,22,3) = 1 \quad (2,1,4,22,3) = 1 \quad (2,1,5,22,3) = 1$

$$(2,1,6,22,3) = 1 \quad (2,1,7,22,3) = 1 \quad (2,1,8,22,3) = 1 \quad (2,1,9,22,3) = 1 \quad (2,1,22,22,3) = 1$$

$$(2,1,11,22,3) = 1 \quad (2,1,12,22,3) = 1 \quad (2,1,22,22,3) = 1 \quad (2,1,14,22,3) = 1$$

Recurso 23: $(2,1,1,23,3) = 1 \quad (2,1,2,23,3) = 1 \quad (2,1,3,23,3) = 1 \quad (2,1,4,23,3) = 1 \quad (2,1,5,23,3) = 1$

$$(2,1,6,23,3) = 1 \quad (2,1,7,23,3) = 1 \quad (2,1,8,23,3) = 1 \quad (2,1,9,23,3) = 1 \quad (2,1,23,23,3) = 1$$

$$(2,1,11,23,3) = 1 \quad (2,1,12,23,3) = 1 \quad (2,1,23,23,3) = 1 \quad (2,1,14,23,3) = 1 \quad (2,1,15,23,3) = 1$$

$$(2,1,16,23,3) = 1 \quad (2,1,17,23,3) = 1 \quad (2,1,18,23,3) = 1$$

Recurso 24: $(2,1,1,24,3) = 1 \quad (2,1,2,24,3) = 1 \quad (2,1,3,24,3) = 1 \quad (2,1,4,24,3) = 1 \quad (2,1,5,24,3) = 1$

$$(2,1,6,24,3) = 1 \quad (2,1,7,24,3) = 1 \quad (2,1,8,24,3) = 1 \quad (2,1,9,24,3) = 1 \quad (2,1,24,24,3) = 1$$

$$(2,1,11,24,3) = 1 \quad (2,1,12,24,3) = 1 \quad (2,1,13,24,3) = 1$$

Recurso 25: $(2,1,1,25,3) = 1 \quad (2,1,2,25,3) = 1 \quad (2,1,3,25,3) = 1 \quad (2,1,4,25,3) = 1 \quad (2,1,5,25,3) = 1$

$$(2,1,6,25,3) = 1 \quad (2,1,7,25,3) = 1 \quad (2,1,8,25,3) = 1 \quad (2,1,9,25,3) = 1 \quad (2,1,25,25,3) = 1$$

$$(2,1,11,25,3) = 1$$

Recurso 26: $(2,1,1,26,3) = 1 \quad (2,1,2,26,3) = 1 \quad (2,1,3,26,3) = 1 \quad (2,1,4,26,3) = 1 \quad (2,1,5,26,3) = 1$

$$(2,1,6,26,3) = 1 \quad (2,1,7,26,3) = 1 \quad (2,1,8,26,3) = 1 \quad (2,1,9,26,3) = 1 \quad (2,1,10,26,3) = 1$$

$$(2,1,11,26,3) = 1 \quad (2,1,12,26,3) = 1 \quad (2,1,13,26,3) = 1 \quad (2,1,14,26,3) = 1 \quad (2,1,15,26,3) = 1$$

$$(2,1,16,26,3) = 1 \quad (2,1,17,26,3) = 1 \quad (2,1,18,26,3) = 1 \quad (2,1,19,26,3) = 1 \quad (2,1,20,26,3) = 1$$

$$(2,1,21,26,3) = 1 \quad (2,1,22,26,3) = 1 \quad (2,1,23,26,3) = 1 \quad (2,1,24,26,3) = 1 \quad (2,1,25,26,3) = 1$$

Recurso 27: $(2,1,1,27,3) = 1 \quad (2,1,2,27,3) = 1 \quad (2,1,3,27,3) = 1 \quad (2,1,4,27,3) = 1 \quad (2,1,5,27,3) = 1$

$$(2,1,6,27,3) = 1 \quad (2,1,7,27,3) = 1 \quad (2,1,8,27,3) = 1 \quad (2,1,9,27,3) = 1 \quad (2,1,27,27,3) = 1$$

$$(2,1,11,27,3) = 1 \quad (2,1,12,27,3) = 1 \quad (2,1,27,27,3) = 1 \quad (2,1,14,27,3) = 1 \quad (2,1,15,27,3) = 1$$

$$(2,1,16,27,3) = 1 \quad (2,1,17,27,3) = 1$$

Recurso 28: $(2,1,1,28,3) = 1 \quad (2,1,2,28,3) = 1 \quad (2,1,3,28,3) = 1 \quad (2,1,4,28,3) = 1 \quad (2,1,5,28,3) = 1$

$$(2,1,6,28,3) = 1 \quad (2,1,7,28,3) = 1 \quad (2,1,8,28,3) = 1 \quad (2,1,9,28,3) = 1 \quad (2,1,28,28,3) = 1$$

$$(2,1,11,28,3) = 1 \quad (2,1,12,28,3) = 1 \quad (2,1,28,28,3) = 1 \quad (2,1,14,28,3) = 1 \quad (2,1,15,28,3) = 1$$

$$(2,1,16,28,3) = 1 \quad (2,1,17,28,3) = 1 \quad (2,1,18,28,3) = 1 \quad (2,1,19,28,3) = 1 \quad (2,1,20,28,3) = 1$$

$$(2,1,21,28,3) = 1$$

Recurso 29: $(2,1,1,29,3) = 1 \quad (2,1,2,29,3) = 1 \quad (2,1,3,29,3) = 1 \quad (2,1,4,29,3) = 1 \quad (2,1,5,29,3) = 1$

$$(2,1,6,29,3) = 1 \quad (2,1,7,29,3) = 1$$

Recurso 30: $(2,1,1,30,3) = 1 \quad (2,1,2,30,3) = 1 \quad (2,1,3,30,3) = 1 \quad (2,1,4,30,3) = 1 \quad (2,1,5,30,3) = 1$
 $(2,1,6,30,3) = 1 \quad (2,1,7,30,3) = 1 \quad (2,1,8,30,3) = 1 \quad (2,1,9,30,3) = 1 \quad (2,1,10,30,3) = 1$
 $(2,1,11,30,3) = 1 \quad (2,1,12,30,3) = 1 \quad (2,1,13,30,3) = 1 \quad (2,1,14,30,3) = 1 \quad (2,1,15,30,3) = 1$
 $(2,1,16,30,3) = 1$

Recurso 31: $(2,1,1,31,3) = 1 \quad (2,1,2,31,3) = 1 \quad (2,1,3,31,3) = 1 \quad (2,1,4,31,3) = 1 \quad (2,1,5,31,3) = 1$
 $(2,1,6,31,3) = 1 \quad (2,1,7,31,3) = 1 \quad (2,1,8,31,3) = 1 \quad (2,1,9,31,3) = 1 \quad (2,1,10,31,3) = 1$
 $(2,1,11,31,3) = 1 \quad (2,1,12,31,3) = 1 \quad (2,1,13,31,3) = 1 \quad (2,1,14,31,3) = 1 \quad (2,1,15,31,3) = 1$
 $(2,1,16,31,3) = 1$

Recurso 32: $(2,1,1,32,3) = 1 \quad (2,1,2,32,3) = 1 \quad (2,1,3,32,3) = 1 \quad (2,1,4,32,3) = 1 \quad (2,1,5,32,3) = 1$
 $(2,1,6,32,3) = 1 \quad (2,1,7,32,3) = 1 \quad (2,1,8,32,3) = 1 \quad (2,1,9,32,3) = 1 \quad (2,1,10,32,3) = 1$
 $(2,1,11,32,3) = 1 \quad (2,1,12,32,3) = 1 \quad (2,1,13,32,3) = 1 \quad (2,1,14,32,3) = 1 \quad (2,1,15,32,3) = 1$
 $(2,1,16,32,3) = 1$

Recurso 33: $(2,1,1,33,3) = 1 \quad (2,1,2,33,3) = 1 \quad (2,1,3,33,3) = 1 \quad (2,1,4,33,3) = 1 \quad (2,1,5,33,3) = 1$
 $(2,1,6,33,3) = 1 \quad (2,1,7,33,3) = 1 \quad (2,1,8,33,3) = 1 \quad (2,1,9,33,3) = 1 \quad (2,1,10,33,3) = 1$
 $(2,1,11,33,3) = 1 \quad (2,1,12,33,3) = 1 \quad (2,1,13,33,3) = 1 \quad (2,1,14,33,3) = 1 \quad (2,1,15,33,3) = 1$
 $(2,1,16,33,3) = 1$

Recurso 34: $(2,1,1,34,3) = 1 \quad (2,1,2,34,3) = 1 \quad (2,1,3,34,3) = 1 \quad (2,1,4,34,3) = 1 \quad (2,1,5,34,3) = 1$
 $(2,1,6,34,3) = 1 \quad (2,1,7,34,3) = 1 \quad (2,1,8,34,3) = 1 \quad (2,1,9,34,3) = 1 \quad (2,1,10,34,3) = 1$
 $(2,1,11,34,3) = 1 \quad (2,1,12,34,3) = 1 \quad (2,1,13,34,3) = 1 \quad (2,1,14,34,3) = 1 \quad (2,1,15,34,3) = 1$
 $(2,1,16,34,3) = 1$

Recurso 35: $(2,1,1,35,3) = 1 \quad (2,1,2,35,3) = 1 \quad (2,1,3,35,3) = 1 \quad (2,1,4,35,3) = 1 \quad (2,1,5,35,3) = 1$
 $(2,1,6,35,3) = 1 \quad (2,1,7,35,3) = 1 \quad (2,1,8,35,3) = 1 \quad (2,1,9,35,3) = 1 \quad (2,1,10,35,3) = 1$

$$(2,1,11,35,3) = 1 \quad (2,1,12,35,3) = 1 \quad (2,1,13,35,3) = 1 \quad (2,1,14,35,3) = 1 \quad (2,1,15,35,3) = 1$$

$$(2,1,16,35,3) = 1$$

Recurso 36: $(2,1,1,36,3) = 1 \quad (2,1,2,36,3) = 1 \quad (2,1,3,36,3) = 1 \quad (2,1,4,36,3) = 1 \quad (2,1,5,36,3) = 1$

$$(2,1,6,36,3) = 1 \quad (2,1,7,36,3) = 1 \quad (2,1,8,36,3) = 1 \quad (2,1,9,36,3) = 1 \quad (2,1,10,36,3) = 1$$

$$(2,1,11,36,3) = 1 \quad (2,1,12,36,3) = 1 \quad (2,1,13,36,3) = 1 \quad (2,1,14,36,3) = 1 \quad (2,1,15,36,3) = 1$$

$$(2,1,16,36,3) = 1$$

Recurso 37: $(2,1,1,37,3) = 1 \quad (2,1,2,37,3) = 1 \quad (2,1,3,37,3) = 1 \quad (2,1,4,37,3) = 1 \quad (2,1,5,37,3) = 1$

$$(2,1,6,37,3) = 1 \quad (2,1,7,37,3) = 1 \quad (2,1,8,37,3) = 1 \quad (2,1,9,37,3) = 1 \quad (2,1,10,37,3) = 1$$

$$(2,1,11,37,3) = 1 \quad (2,1,12,37,3) = 1 \quad (2,1,13,37,3) = 1 \quad (2,1,14,37,3) = 1 \quad (2,1,15,37,3) = 1$$

$$(2,1,16,37,3) = 1 \quad (2,1,17,37,3) = 1$$

Recurso 38: $(2,1,1,38,3) = 1 \quad (2,1,2,38,3) = 1 \quad (2,1,3,38,3) = 1 \quad (2,1,4,38,3) = 1 \quad (2,1,5,38,3) = 1$

$$(2,1,6,38,3) = 1 \quad (2,1,7,38,3) = 1 \quad (2,1,8,38,3) = 1 \quad (2,1,9,38,3) = 1 \quad (2,1,10,38,3) = 1$$

$$(2,1,11,38,3) = 1 \quad (2,1,12,38,3) = 1 \quad (2,1,13,38,3) = 1 \quad (2,1,14,38,3) = 1 \quad (2,1,15,38,3) = 1$$

$$(2,1,16,38,3) = 1 \quad (2,1,17,38,3) = 1$$

Recurso 39: $(2,1,1,39,3) = 1 \quad (2,1,2,39,3) = 1 \quad (2,1,3,39,3) = 1 \quad (2,1,4,39,3) = 1 \quad (2,1,5,39,3) = 1$

$$(2,1,6,39,3) = 1 \quad (2,1,7,39,3) = 1 \quad (2,1,8,39,3) = 1 \quad (2,1,9,39,3) = 1 \quad (2,1,10,39,3) = 1$$

$$(2,1,11,39,3) = 1 \quad (2,1,12,39,3) = 1 \quad (2,1,13,39,3) = 1 \quad (2,1,14,39,3) = 1 \quad (2,1,15,39,3) = 1$$

$$(2,1,16,39,3) = 1 \quad (2,1,17,39,3) = 1$$

Recurso 40: $(2,1,1,40,3) = 1 \quad (2,1,2,40,3) = 1 \quad (2,1,3,40,3) = 1 \quad (2,1,4,40,3) = 1 \quad (2,1,5,40,3) = 1$

$$(2,1,6,40,3) = 1 \quad (2,1,7,40,3) = 1 \quad (2,1,8,40,3) = 1 \quad (2,1,9,40,3) = 1 \quad (2,1,10,40,3) = 1$$

$$(2,1,11,40,3) = 1 \quad (2,1,12,40,3) = 1 \quad (2,1,13,40,3) = 1 \quad (2,1,14,40,3) = 1 \quad (2,1,15,40,3) = 1$$

$$(2,1,16,40,3) = 1 \quad (2,1,17,40,3) = 1$$

Recurso 41: $(2,1,1,41,3) = 1 \quad (2,1,2,41,3) = 1 \quad (2,1,3,41,3) = 1 \quad (2,1,4,41,3) = 1 \quad (2,1,5,41,3) = 1$

$$(2,1,6,41,3) = 1 \quad (2,1,7,41,3) = 1 \quad (2,1,8,41,3) = 1 \quad (2,1,9,41,3) = 1 \quad (2,1,10,41,3) = 1$$

$$(2,1,11,41,3) = 1 \quad (2,1,12,41,3) = 1 \quad (2,1,13,41,3) = 1 \quad (2,1,14,41,3) = 1 \quad (2,1,15,41,3) = 1$$

$$(2,1,16,41,3) = 1 \quad (2,1,17,41,3) = 1$$

Recurso 42: $(2,1,1,42,3) = 1 \quad (2,1,2,42,3) = 1 \quad (2,1,3,42,3) = 1 \quad (2,1,4,42,3) = 1 \quad (2,1,5,42,3) = 1$

$$(2,1,6,42,3) = 1 \quad (2,1,7,42,3) = 1 \quad (2,1,8,42,3) = 1 \quad (2,1,9,42,3) = 1 \quad (3,2,10,42,3) = 1$$

$$(3,2,11,42,3) = 1 \quad (3,1,12,42,3) = 1 \quad (1,8,13,42,3) = 1 \quad (1,1,14,42,3) = 1 \quad (2,1,15,42,3) = 1$$

$$(2,1,16,42,3) = 1 \quad (2,1,17,42,3) = 1 \quad (2,1,18,42,3) = 1 \quad (2,1,19,42,3) = 1 \quad (2,1,20,42,3) = 1$$

$$(2,1,21,42,3) = 1 \quad (2,1,22,42,3) = 1 \quad (2,1,23,42,3) = 1 \quad (2,1,24,42,3) = 1 \quad (2,5,25,42,3) = 1$$

Recurso 43: $(2,1,1,43,3) = 1 \quad (2,1,2,43,3) = 1 \quad (2,1,3,43,3) = 1 \quad (2,1,4,43,3) = 1 \quad (2,1,5,43,3) = 1$

$$(2,1,6,43,3) = 1 \quad (2,1,7,43,3) = 1 \quad (2,1,8,43,3) = 1 \quad (2,1,9,43,3) = 1 \quad (2,1,10,43,3) = 1$$

$$(2,1,11,43,3) = 1 \quad (2,1,12,43,3) = 1 \quad (2,1,13,43,3) = 1 \quad (2,1,14,43,3) = 1 \quad (2,1,15,43,3) = 1$$

$$(2,1,16,43,3) = 1 \quad (2,1,17,43,3) = 1 \quad (2,1,18,43,3) = 1 \quad (2,1,19,43,3) = 1 \quad (2,1,20,43,3) = 1$$

$$(2,1,21,43,3) = 1 \quad (2,1,22,43,3) = 1 \quad (2,1,23,43,3) = 1 \quad (2,1,24,43,3) = 1 \quad (2,1,25,43,3) = 1$$

Recurso 44: $(2,1,1,44,3) = 1 \quad (2,1,2,44,3) = 1 \quad (2,1,3,44,3) = 1 \quad (2,1,4,44,3) = 1 \quad (2,1,5,44,3) = 1$

$$(2,1,6,44,3) = 1 \quad (2,1,7,44,3) = 1 \quad (2,1,8,44,3) = 1 \quad (2,1,9,44,3) = 1 \quad (2,1,10,44,3) = 1$$

$$(2,1,11,44,3) = 1 \quad (2,1,12,44,3) = 1 \quad (2,1,13,44,3) = 1 \quad (2,1,14,44,3) = 1 \quad (2,1,15,44,3) = 1$$

$$(2,1,16,44,3) = 1 \quad (2,1,17,44,3) = 1 \quad (2,1,18,44,3) = 1 \quad (2,1,19,44,3) = 1 \quad (2,1,20,44,3) = 1$$

$$(2,1,21,44,3) = 1 \quad (3,1,22,44,3) = 1 \quad (2,1,23,44,3) = 1 \quad (2,1,24,44,3) = 1 \quad (1,1,25,44,3) = 1$$

Recurso 45: $(2,1,1,45,3) = 1 \quad (3,1,2,45,3) = 1 \quad (2,1,3,45,3) = 1 \quad (2,1,4,45,3) = 1 \quad (2,1,5,45,3) = 1$

$$(2,1,6,45,3) = 1 \quad (2,1,7,45,3) = 1 \quad (1,8,8,45,3) = 1 \quad (1,8,9,45,3) = 1 \quad (1,8,10,45,3) = 1$$

$$(1,1,11,45,3) = 1 \quad (2,1,12,45,3) = 1 \quad (1,8,13,45,3) = 1 \quad (1,8,14,45,3) = 1 \quad (1,8,15,45,3) = 1$$

$$(1,8,16,45,3) = 1 \quad (1,1,17,45,3) = 1 \quad (2,1,18,45,3) = 1 \quad (2,1,19,45,3) = 1 \quad (2,1,20,45,3) = 1$$

$$(2,1,21,45,3) = 1 \quad (3,1,22,45,3) = 1 \quad (1,1,23,45,3) = 1 \quad (3,1,24,45,3) = 1 \quad (1,1,25,45,3) = 1$$

Recurso 46: $(3,1,1,46,3) = 1$ $(2,1,2,46,3) = 1$ $(2,1,3,46,3) = 1$ $(1,8,4,46,3) = 1$ $(2,1,5,46,3) = 1$
 $(2,1,6,46,3) = 1$ $(2,1,7,46,3) = 1$ $(1,8,8,46,3) = 1$ $(1,8,9,46,3) = 1$ $(1,8,10,46,3) = 1$
 $(2,1,11,46,3) = 1$ $(2,1,12,46,3) = 1$ $(2,1,13,46,3) = 1$ $(2,1,14,46,3) = 1$ $(2,1,15,46,3) = 1$
 $(2,1,16,46,3) = 1$ $(2,1,17,46,3) = 1$ $(2,1,18,46,3) = 1$ $(2,1,19,46,3) = 1$ $(2,1,20,46,3) = 1$
 $(2,1,21,46,3) = 1$ $(2,1,22,46,3) = 1$ $(2,1,23,46,3) = 1$ $(3,1,24,46,3) = 1$ $(1,3,25,46,3) = 1$

Recurso 47: $(3,1,1,47,3) = 1$ $(2,1,2,47,3) = 1$ $(2,1,3,47,3) = 1$ $(1,1,4,47,3) = 1$ $(1,1,5,47,3) = 1$
 $(2,1,6,47,3) = 1$ $(2,2,7,47,3) = 1$ $(2,1,8,47,3) = 1$ $(3,1,9,47,3) = 1$ $(2,1,10,47,3) = 1$
 $(2,2,11,47,3) = 1$ $(2,1,12,47,3) = 1$ $(3,1,13,47,3) = 1$ $(3,1,14,47,3) = 1$ $(2,1,15,47,3) = 1$
 $(3,1,16,47,3) = 1$ $(3,1,17,47,3) = 1$ $(1,1,18,47,3) = 1$ $(3,1,19,47,3) = 1$ $(3,1,20,47,3) = 1$
 $(1,1,21,47,3) = 1$ $(2,2,22,47,3) = 1$ $(3,1,23,47,3) = 1$ $(1,1,24,47,3) = 1$ $(3,1,25,47,3) = 1$

Recurso 48: $(2,1,1,48,3) = 1$ $(3,1,2,48,3) = 1$ $(3,1,3,48,3) = 1$ $(1,1,4,48,3) = 1$ $(2,1,5,48,3) = 1$
 $(2,1,6,48,3) = 1$ $(1,1,7,48,3) = 1$ $(1,1,8,48,3) = 1$ $(3,1,9,48,3) = 1$ $(3,1,10,48,3) = 1$
 $(1,1,11,48,3) = 1$ $(2,1,12,48,3) = 1$ $(3,1,13,48,3) = 1$ $(2,1,14,48,3) = 1$ $(3,1,15,48,3) = 1$
 $(3,1,16,48,3) = 1$ $(2,1,17,48,3) = 1$ $(3,1,18,48,3) = 1$ $(3,1,19,48,3) = 1$ $(2,1,20,48,3) = 1$
 $(3,1,21,48,3) = 1$ $(3,1,22,48,3) = 1$ $(2,1,23,48,3) = 1$ $(2,1,24,48,3) = 1$ $(2,1,25,48,3) = 1$

Recurso 49: $(2,1,1,49,3) = 1$ $(3,1,2,49,3) = 1$ $(1,6,3,49,3) = 1$ $(3,1,4,49,3) = 1$ $(2,1,5,49,3) = 1$
 $(3,1,6,49,3) = 1$ $(2,1,7,49,3) = 1$ $(2,1,8,49,3) = 1$ $(3,1,9,49,3) = 1$ $(2,1,10,49,3) = 1$
 $(3,1,11,49,3) = 1$ $(2,1,12,49,3) = 1$ $(1,1,13,49,3) = 1$ $(1,1,14,49,3) = 1$ $(3,1,15,49,3) = 1$
 $(2,1,16,49,3) = 1$ $(3,1,17,49,3) = 1$ $(3,1,18,49,3) = 1$ $(2,1,19,49,3) = 1$ $(2,1,20,49,3) = 1$
 $(1,1,21,49,3) = 1$ $(2,1,22,49,3) = 1$ $(3,1,23,49,3) = 1$ $(1,1,24,49,3) = 1$ $(1,8,25,49,3) = 1$

Recurso 50: $(2,1,1,50,3) = 1$ $(3,1,2,50,3) = 1$ $(3,1,3,50,3) = 1$ $(2,2,4,50,3) = 1$ $(2,2,5,50,3) = 1$
 $(2,2,6,50,3) = 1$ $(3,1,7,50,3) = 1$ $(2,1,8,50,3) = 1$ $(2,2,9,50,3) = 1$ $(2,1,10,50,3) = 1$
 $(1,1,11,50,3) = 1$ $(2,1,12,50,3) = 1$ $(3,1,13,50,3) = 1$ $(3,1,14,50,3) = 1$ $(1,1,15,50,3) = 1$

$$(2,1,16,50,3) = 1 \quad (3,1,17,50,3) = 1 \quad (3,1,18,50,3) = 1 \quad (1,1,19,50,3) = 1 \quad (3,1,20,50,3) = 1$$

$$(3,1,21,50,3) = 1 \quad (1,1,22,50,3) = 1 \quad (2,1,23,50,3) = 1 \quad (2,1,24,50,3) = 1 \quad (2,1,25,50,3) = 1$$

Recurso 51: $(1,8,1,51,3) = 1 \quad (1,1,2,51,3) = 1 \quad (1,1,3,51,3) = 1 \quad (3,5,4,51,3) = 1 \quad (3,1,5,51,3) = 1$

$$(3,2,6,51,3) = 1 \quad (1,6,7,51,3) = 1 \quad (1,5,8,51,3) = 1 \quad (3,1,9,51,3) = 1 \quad (3,1,10,51,3) = 1$$

$$(2,1,11,51,3) = 1 \quad (3,1,12,51,3) = 1 \quad (3,1,13,51,3) = 1 \quad (3,1,14,51,3) = 1 \quad (2,1,15,51,3) = 1$$

$$(3,1,16,51,3) = 1 \quad (2,2,17,51,3) = 1 \quad (3,2,18,51,3) = 1 \quad (3,1,19,51,3) = 1 \quad (3,1,20,51,3) = 1$$

$$(3,1,21,51,3) = 1 \quad (3,8,22,51,3) = 1 \quad (1,1,23,51,3) = 1 \quad (3,1,24,51,3) = 1 \quad (2,1,25,51,3) = 1$$

Recurso 52: $(2,8,1,52,3) = 1 \quad (1,8,2,52,3) = 1 \quad (1,1,3,52,3) = 1 \quad (2,1,4,52,3) = 1 \quad (3,3,5,52,3) = 1$

$$(3,1,6,52,3) = 1 \quad (2,1,7,52,3) = 1 \quad (1,1,8,52,3) = 1 \quad (3,3,9,52,3) = 1 \quad (2,1,10,52,3) = 1$$

$$(2,1,11,52,3) = 1 \quad (2,1,12,52,3) = 1 \quad (2,2,13,52,3) = 1 \quad (3,3,14,52,3) = 1 \quad (3,1,15,52,3) = 1$$

$$(3,1,16,52,3) = 1 \quad (3,1,17,52,3) = 1 \quad (1,1,18,52,3) = 1 \quad (2,1,19,52,3) = 1 \quad (3,3,20,52,3) = 1$$

$$(3,1,21,52,3) = 1 \quad (3,1,22,52,3) = 1 \quad (3,3,23,52,3) = 1 \quad (3,1,24,52,3) = 1 \quad (1,3,25,52,3) = 1$$

Recurso 53: $(3,1,1,53,3) = 1 \quad (2,1,2,53,3) = 1 \quad (3,1,3,53,3) = 1 \quad (2,2,4,53,3) = 1 \quad (2,1,5,53,3) = 1$

$$(2,2,6,53,3) = 1 \quad (2,2,7,53,3) = 1 \quad (2,1,8,53,3) = 1 \quad (2,1,9,53,3) = 1 \quad (3,1,10,53,3) = 1$$

$$(2,1,11,53,3) = 1 \quad (3,1,12,53,3) = 1 \quad (3,1,13,53,3) = 1 \quad (3,1,14,53,3) = 1 \quad (2,1,15,53,3) = 1$$

$$(3,1,16,53,3) = 1 \quad (1,1,17,53,3) = 1 \quad (3,1,18,53,3) = 1 \quad (2,1,19,53,3) = 1 \quad (3,1,20,53,3) = 1$$

$$(1,1,21,53,3) = 1 \quad (1,8,22,53,3) = 1 \quad (1,1,23,53,3) = 1 \quad (2,2,24,53,3) = 1 \quad (2,1,25,53,3) = 1$$

Recurso 54: $(2,1,1,54,3) = 1 \quad (3,1,2,54,3) = 1 \quad (2,1,3,54,3) = 1 \quad (2,1,4,54,3) = 1 \quad (1,1,5,54,3) = 1$

$$(2,2,6,54,3) = 1 \quad (3,1,7,54,3) = 1 \quad (3,1,8,54,3) = 1 \quad (3,1,9,54,3) = 1 \quad (3,1,10,54,3) = 1$$

$$(3,1,11,54,3) = 1 \quad (3,1,12,54,3) = 1 \quad (1,8,13,54,3) = 1 \quad (1,1,14,54,3) = 1 \quad (3,1,15,54,3) = 1$$

$$(2,1,16,54,3) = 1 \quad (3,5,17,54,3) = 1 \quad (2,1,18,54,3) = 1 \quad (1,1,19,54,3) = 1 \quad (2,1,20,54,3) = 1$$

$$(2,1,21,54,3) = 1 \quad (2,1,22,54,3) = 1 \quad (1,7,23,54,3) = 1 \quad (3,1,24,54,3) = 1 \quad (1,1,25,54,3) = 1$$

Recurso 55: $(3,1,1,55,3) = 1 \quad (1,1,2,55,3) = 1 \quad (2,1,3,55,3) = 1 \quad (2,1,4,55,3) = 1 \quad (2,1,5,55,3) = 1$

$$(2,1,6,55,3) = 1 \quad (2,1,7,55,3) = 1 \quad (3,1,8,55,3) = 1 \quad (1,1,9,55,3) = 1 \quad (2,1,10,55,3) = 1$$

$$(2,1,11,55,3) = 1 \quad (2,1,12,55,3) = 1 \quad (2,1,13,55,3) = 1 \quad (2,1,14,55,3) = 1 \quad (1,1,15,55,3) = 1$$

$$(3,1,16,55,3) = 1 \quad (3,1,17,55,3) = 1 \quad (2,1,18,55,3) = 1 \quad (1,1,19,55,3) = 1 \quad (2,1,20,55,3) = 1$$

$$(2,1,21,55,3) = 1 \quad (3,1,22,55,3) = 1 \quad (2,1,23,55,3) = 1 \quad (2,1,24,55,3) = 1 \quad (1,1,25,55,3) = 1$$

Recurso 56: $(3,1,1,56,3) = 1 \quad (3,1,2,56,3) = 1 \quad (3,1,3,56,3) = 1 \quad (2,1,4,56,3) = 1 \quad (3,1,5,56,3) = 1$

$$(3,1,6,56,3) = 1 \quad (1,1,7,56,3) = 1 \quad (1,1,8,56,3) = 1 \quad (3,2,9,56,3) = 1 \quad (3,1,10,56,3) = 1$$

$$(3,1,11,56,3) = 1 \quad (3,1,12,56,3) = 1 \quad (3,1,13,56,3) = 1 \quad (3,1,14,56,3) = 1 \quad (3,1,15,56,3) = 1$$

$$(2,1,16,56,3) = 1 \quad (2,1,17,56,3) = 1 \quad (2,1,18,56,3) = 1 \quad (3,1,19,56,3) = 1 \quad (2,1,20,56,3) = 1$$

$$(2,1,21,56,3) = 1 \quad (2,1,22,56,3) = 1 \quad (2,1,23,56,3) = 1 \quad (2,1,24,56,3) = 1 \quad (2,1,25,56,3) = 1$$

Recurso 57: $(3,1,1,57,3) = 1 \quad (3,8,2,57,3) = 1 \quad (1,4,3,57,3) = 1 \quad (2,1,4,57,3) = 1 \quad (2,1,5,57,3) = 1$

$$(3,1,6,57,3) = 1 \quad (3,8,7,57,3) = 1 \quad (3,1,8,57,3) = 1 \quad (2,1,9,57,3) = 1 \quad (2,1,10,57,3) = 1$$

$$(3,1,11,57,3) = 1 \quad (1,8,12,57,3) = 1 \quad (1,2,13,57,3) = 1 \quad (2,1,14,57,3) = 1 \quad (3,1,15,57,3) = 1$$

$$(3,1,16,57,3) = 1 \quad (2,1,17,57,3) = 1 \quad (3,8,18,57,3) = 1 \quad (1,1,19,57,3) = 1 \quad (2,8,20,57,3) = 1$$

$$(1,1,21,57,3) = 1 \quad (2,1,22,57,3) = 1 \quad (3,1,23,57,3) = 1 \quad (3,1,24,57,3) = 1 \quad (1,1,25,57,3) = 1$$

Recurso 58: $(2,1,1,58,3) = 1 \quad (2,1,2,58,3) = 1 \quad (2,1,3,58,3) = 1 \quad (2,1,4,58,3) = 1 \quad (2,1,5,58,3) = 1$

$$(2,1,6,58,3) = 1 \quad (2,1,7,58,3) = 1 \quad (2,1,8,58,3) = 1 \quad (2,1,9,58,3) = 1 \quad (2,1,10,58,3) = 1$$

Recurso 59: $(2,1,1,59,3) = 1 \quad (2,1,2,59,3) = 1 \quad (2,1,3,59,3) = 1 \quad (2,1,4,59,3) = 1 \quad (2,1,5,59,3) = 1$

$$(2,1,6,59,3) = 1 \quad (2,1,7,59,3) = 1 \quad (2,1,8,59,3) = 1 \quad (2,1,9,59,3) = 1 \quad (2,1,10,59,3) = 1$$

Rutas de viaje de vuelta

Tabla 24.

Rutas realizadas por cada recurso en cada viaje de vuelta, $y_{ki,m}$

Cuatrimestre 1

Recurso 1: -

Recurso 2: -

Recurso 3: -

Recurso 4: $(5,3,1,4,1) = 1$ $(8,2,2,4,1) = 1$ $(2,1,3,4,1) = 1$ $(6,1,4,4,1) = 1$ $(3,3,5,4,1) = 1$
 $(5,1,6,4,1) = 1$ $(7,3,7,4,1) = 1$ $(2,1,8,4,1) = 1$ $(4,1,9,4,1) = 1$ $(5,2,10,4,1) = 1$
 $(6,3,11,4,1) = 1$ $(2,3,12,4,1) = 1$ $(4,1,13,4,1) = 1$ $(7,11,14,4,1) = 1$

Recurso 5: $(6,3,1,5,1) = 1$ $(8,3,2,5,1) = 1$

Recurso 6: $(5,3,1,6,1) = 1$ $(8,3,2,6,1) = 1$ $(8,3,3,6,1) = 1$ $(6,1,4,6,1) = 1$ $(6,3,5,6,1) = 1$
 $(6,1,6,6,1) = 1$ $(5,2,7,6,1) = 1$

Recurso 7: $(2,3,1,7,1) = 1$ $(8,3,2,7,1) = 1$ $(7,3,3,7,1) = 1$ $(3,2,4,7,1) = 1$ $(2,2,5,7,1) = 1$

Recurso 8: $(4,3,1,8,1) = 1$ $(8,3,2,8,1) = 1$

Recurso 9: $(6,3,1,9,1) = 1$ $(8,3,2,9,1) = 1$ $(8,3,3,9,1) = 1$ $(6,2,4,9,1) = 1$ $(7,1,5,9,1) = 1$
 $(8,2,6,9,1) = 1$ $(4,1,7,9,1) = 1$ $(3,2,8,9,1) = 1$ $(1,3,9,9,1) = 1$ $(8,2,10,9,1) = 1$
 $(4,2,11,9,1) = 1$ $(6,1,12,9,1) = 1$

Recurso 10: $(7,3,1,10,1) = 1$ $(8,3,2,10,1) = 1$

Recurso 11: $(4,3,1,11,1) = 1$

Recurso 12: $(3,3,1,12,1) = 1$ $(8,3,2,12,1) = 1$

Recurso 13: $(5,3,1,13,1) = 1$ $(8,2,2,13,1) = 1$ $(8,3,3,13,1) = 1$ $(7,2,4,13,1) = 1$

Recurso 14: $(1,3,1,14,1) = 1$ $(8,3,2,14,1) = 1$

Recurso 15: $(5,3,1,15,1) = 1$ $(8,3,2,15,1) = 1$ $(8,1,3,15,1) = 1$

Recurso 16: $(5,3,1,16,1) = 1$ $(8,3,2,16,1) = 1$

Recurso 17: $(5,3,1,17,1) = 1$ $(8,3,2,17,1) = 1$ $(8,2,3,17,1) = 1$ $(6,3,4,17,1) = 1$

Recurso 18: $(6,3,1,18,1) = 1$ $(5,3,2,18,1) = 1$ $(8,1,3,18,1) = 1$

Recurso 19: -

Recurso 20: -

Recurso 21: -

Recurso 22: -

Recurso 23: $(6,3,1,23,1) = 1$ $(5,3,2,23,1) = 1$ $(6,1,3,23,1) = 1$

Recurso 24: -

Recurso 25: $(6,2,1,25,1) = 1$ $(2,3,2,25,1) = 1$

Recurso 26: $(2,2,1,26,1) = 1$ $(2,3,2,26,1) = 1$

Recurso 27: -

Recurso 28: $(8,3,1,3,1) = 1$

Recurso 29: $(6,3,1,29,1) = 1$ $(8,3,2,29,1) = 1$

Recurso 30: $(7,3,1,30,1) = 1$ $(8,3,2,30,1) = 1$ $(8,1,3,30,1) = 1$ $(6,1,4,30,1) = 1$ $(6,3,5,30,1) = 1$

$(8,2,6,30,1) = 1$ $(1,2,7,30,1) = 1$ $(7,1,8,30,1) = 1$ $(1,3,9,30,1) = 1$ $(2,2,10,30,1) = 1$

$(6,2,11,30,1) = 1$ $(6,1,12,30,1) = 1$ $(4,3,13,30,1) = 1$ $(7,3,14,30,1) = 1$ $(2,1,15,30,1) = 1$

$(1,3,16,30,1) = 1$ $(2,1,17,30,1) = 1$ $(1,3,18,30,1) = 1$ $(4,1,19,30,1) = 1$ $(1,2,20,30,1) = 1$

$(7,2,21,30,1) = 1$

Recurso 31: $(8,3,1,31,1) = 1$ $(8,3,2,31,1) = 1$ $(7,3,3,31,1) = 1$ $(1,2,4,31,1) = 1$ $(7,2,5,31,1) = 1$

$(2,2,6,31,1) = 1$ $(6,1,7,31,1) = 1$ $(2,3,8,31,1) = 1$ $(1,3,9,31,1) = 1$ $(5,1,10,31,1) = 1$

$(5,3,11,31,1) = 1$ $(7,3,12,31,1) = 1$ $(2,1,13,31,1) = 1$ $(2,3,14,31,1) = 1$ $(2,3,15,31,1) = 1$

$(2,1,16,31,1) = 1$ $(7,1,17,31,1) = 1$ $(1,1,18,31,1) = 1$ $(6,1,19,31,1) = 1$ $(4,3,20,31,1) = 1$

$(4,1,21,31,1) = 1$ $(1,2,22,31,1) = 1$ $(2,1,23,31,1) = 1$

Recurso 32: $(7,3,1,32,1) = 1$ $(8,3,2,32,1) = 1$ $(8,1,3,32,1) = 1$ $(3,1,4,32,1) = 1$ $(3,1,5,32,1) = 1$

$(3,2,6,32,1) = 1$ $(6,3,7,32,1) = 1$ $(6,3,8,32,1) = 1$ $(5,1,9,32,1) = 1$ $(8,2,10,32,1) = 1$

$(1,1,11,32,1) = 1$ $(2,1,12,32,1) = 1$ $(7,1,13,32,1) = 1$ $(7,1,14,32,1) = 1$ $(2,2,15,32,1) = 1$

$$(6,2,16,32,1) = 1 \quad (6,1,17,32,1) = 1 \quad (7,2,18,32,1) = 1 \quad (3,2,19,32,1) = 1 \quad (2,1,20,32,1) = 1$$

$$(6,3,21,32,1) = 1 \quad (1,1,22,32,1) = 1 \quad (8,1,23,32,1) = 1$$

Recurso 33: $(3,3,1,33,1) = 1 \quad (8,3,2,33,1) = 1 \quad (8,2,3,33,1) = 1 \quad (2,1,4,33,1) = 1 \quad (6,3,5,33,1) = 1$

$$(3,2,6,33,1) = 1 \quad (4,3,7,33,1) = 1 \quad (2,1,8,33,1) = 1 \quad (5,1,9,33,1) = 1 \quad (3,3,10,33,1) = 1$$

$$(3,2,11,33,1) = 1 \quad (6,2,12,33,1) = 1 \quad (1,1,13,33,1) = 1 \quad (2,2,14,33,1) = 1 \quad (7,2,15,33,1) = 1$$

$$(8,3,16,33,1) = 1 \quad (4,2,17,33,1) = 1 \quad (8,1,18,33,1) = 1 \quad (1,3,19,33,1) = 1 \quad (7,3,20,33,1) = 1$$

$$(4,2,21,33,1) = 1 \quad (8,2,22,33,1) = 1 \quad (7,3,23,33,1) = 1$$

Recurso 34: $(2,3,1,34,1) = 1 \quad (8,1,2,34,1) = 1 \quad (4,1,3,34,1) = 1 \quad (6,1,4,34,1) = 1 \quad (1,1,5,34,1) = 1$

$$(8,3,6,34,1) = 1 \quad (1,1,7,34,1) = 1 \quad (5,3,8,34,1) = 1 \quad (3,3,9,34,1) = 1 \quad (3,2,10,34,1) = 1$$

$$(4,2,11,34,1) = 1 \quad (4,2,12,34,1) = 1 \quad (6,2,13,34,1) = 1 \quad (4,2,14,34,1) = 1 \quad (1,2,15,34,1) = 1$$

$$(1,1,16,34,1) = 1 \quad (2,3,17,34,1) = 1 \quad (2,3,18,34,1) = 1 \quad (4,3,19,34,1) = 1 \quad (4,2,20,34,1) = 1$$

$$(5,3,21,34,1) = 1 \quad (1,2,22,34,1) = 1 \quad (7,1,23,34,1) = 1 \quad (6,1,24,34,1) = 1$$

Recurso 35: $(8,3,1,35,1) = 1 \quad (8,3,2,35,1) = 1 \quad (8,2,3,35,1) = 1 \quad (5,1,4,35,1) = 1 \quad (3,1,5,35,1) = 1$

$$(3,2,6,35,1) = 1 \quad (2,2,7,35,1) = 1 \quad (4,3,8,35,1) = 1 \quad (8,1,9,35,1) = 1 \quad (8,3,10,35,1) = 1$$

$$(8,1,11,35,1) = 1 \quad (5,3,12,35,1) = 1 \quad (8,3,13,35,1) = 1 \quad (5,1,14,35,1) = 1 \quad (7,2,15,35,1) = 1$$

$$(3,3,16,35,1) = 1 \quad (5,3,17,35,1) = 1 \quad (2,2,18,35,1) = 1 \quad (8,1,19,35,1) = 1 \quad (4,2,20,35,1) = 1$$

$$(3,2,21,35,1) = 1 \quad (5,2,22,35,1) = 1 \quad (8,2,23,35,1) = 1 \quad (2,3,24,35,1) = 1$$

Recurso 36: $(2,3,1,36,1) = 1 \quad (8,3,2,36,1) = 1 \quad (8,2,3,36,1) = 1 \quad (2,2,4,36,1) = 1 \quad (2,2,5,36,1) = 1$

$$(7,1,6,36,1) = 1 \quad (8,3,7,36,1) = 1 \quad (6,3,8,36,1) = 1 \quad (1,1,9,36,1) = 1 \quad (6,2,10,36,1) = 1$$

$$(2,1,11,36,1) = 1 \quad (5,3,12,36,1) = 1 \quad (3,3,13,36,1) = 1 \quad (5,1,14,36,1) = 1 \quad (2,2,15,36,1) = 1$$

$$(1,2,16,36,1) = 1 \quad (1,1,17,36,1) = 1 \quad (2,2,18,36,1) = 1 \quad (8,2,19,36,1) = 1 \quad (8,1,20,36,1) = 1$$

$$(4,2,21,36,1) = 1 \quad (3,3,22,36,1) = 1 \quad (7,1,23,36,1) = 1 \quad (6,2,24,36,1) = 1$$

Recurso 37: $(6,3,1,37,1) = 1 \quad (8,3,2,37,1) = 1 \quad (8,1,3,37,1) = 1 \quad (1,3,4,37,1) = 1 \quad (7,3,5,37,1) = 1$

$$(4,3,6,37,1) = 1 \quad (5,1,7,37,1) = 1 \quad (5,3,8,37,1) = 1 \quad (6,3,9,37,1) = 1 \quad (6,2,10,37,1) = 1$$

$$(7,3,11,37,1) = 1 \quad (3,3,12,37,1) = 1 \quad (5,3,13,37,1) = 1 \quad (5,3,14,37,1) = 1$$

Recurso 38: $(2,3,1,38,1) = 1 \quad (8,1,2,38,1) = 1 \quad (4,3,3,38,1) = 1 \quad (1,3,4,38,1) = 1 \quad (4,2,5,38,1) = 1$

$$(2,1,6,38,1) = 1 \quad (1,1,7,38,1) = 1 \quad (3,2,8,38,1) = 1 \quad (3,3,9,38,1) = 1 \quad (1,1,10,38,1) = 1$$

$$(6,1,11,38,1) = 1 \quad (8,3,12,38,1) = 1 \quad (5,1,13,38,1) = 1 \quad (8,3,14,38,1) = 1 \quad (5,1,15,38,1) = 1$$

$$(5,2,16,38,1) = 1 \quad (6,3,17,38,1) = 1 \quad (2,2,18,38,1) = 1 \quad (1,3,19,38,1) = 1 \quad (4,2,20,38,1) = 1$$

$$(8,3,21,38,1) = 1 \quad (4,1,22,38,1) = 1 \quad (1,2,23,38,1) = 1$$

Recurso 39: $(4,3,1,39,1) = 1 \quad (8,3,2,39,1) = 1 \quad (8,2,3,39,1) = 1 \quad (3,2,4,39,1) = 1 \quad (6,3,5,39,1) = 1$

$$(7,2,6,39,1) = 1 \quad (6,1,7,39,1) = 1 \quad (4,1,8,39,1) = 1 \quad (6,2,9,39,1) = 1 \quad (5,2,10,39,1) = 1$$

$$(2,3,11,39,1) = 1 \quad (8,3,12,39,1) = 1 \quad (6,1,13,39,1) = 1 \quad (5,1,14,39,1) = 1 \quad (5,2,15,39,1) = 1$$

$$(6,1,16,39,1) = 1 \quad (2,1,17,39,1) = 1 \quad (2,1,18,39,1) = 1 \quad (2,3,19,39,1) = 1 \quad (7,3,20,39,1) = 1$$

$$(4,2,21,39,1) = 1 \quad (8,3,22,39,1) = 1$$

Recurso 40: $(2,3,1,40,1) = 1 \quad (8,3,2,40,1) = 1 \quad (2,3,3,40,1) = 1 \quad (4,2,4,40,1) = 1 \quad (8,1,5,40,1) = 1$

$$(6,2,6,40,1) = 1 \quad (6,3,7,40,1) = 1 \quad (2,2,8,40,1) = 1$$

Recurso 41: $(2,3,1,41,1) = 1 \quad (8,3,2,41,1) = 1 \quad (8,3,3,41,1) = 1 \quad (4,1,4,41,1) = 1 \quad (7,3,5,41,1) = 1$

$$(4,2,6,41,1) = 1 \quad (3,3,7,41,1) = 1 \quad (7,2,8,41,1) = 1 \quad (8,3,9,41,1) = 1 \quad (1,2,10,41,1) = 1$$

$$(6,1,11,41,1) = 1 \quad (3,1,12,41,1) = 1 \quad (3,2,13,41,1) = 1 \quad (2,3,14,41,1) = 1 \quad (6,2,15,41,1) = 1$$

$$(1,2,16,41,1) = 1 \quad (4,1,17,41,1) = 1 \quad (2,1,18,41,1) = 1 \quad (7,2,19,41,1) = 1 \quad (3,1,20,41,1) = 1$$

$$(2,2,21,41,1) = 1 \quad (3,1,22,41,1) = 1$$

Recurso 42: $(8,1,1,42,1) = 1 \quad (5,3,2,42,1) = 1 \quad (8,2,3,42,1) = 1$

Recurso 43: $(3,3,1,43,1) = 1 \quad (8,3,2,43,1) = 1 \quad (8,1,3,43,1) = 1$

Recurso 44: $(1,2,1,44,1) = 1 \quad (6,2,2,44,1) = 1$

Recurso 45: -

Recurso 46: $(4,3,1,46,1) = 1$ $(3,3,2,46,1) = 1$

Recurso 47: -

Recurso 48: -

Recurso 49: -

Recurso 50: $(8,2,1,50,1) = 1$ $(4,3,2,50,1) = 1$

Recurso 51: -

Recurso 52: $(3,3,1,52,1) = 1$

Recurso 53: $(1,3,1,53,1) = 1$

Recurso 54: $(2,3,1,54,1) = 1$ $(8,3,2,54,1) = 1$

Recurso 55: $(5,3,1,55,1) = 1$ $(8,3,2,55,1) = 1$

Recurso 56: $(4,3,1,56,1) = 1$ $(8,3,2,56,1) = 1$

Recurso 57: $(1,3,1,57,1) = 1$ $(8,3,2,57,1) = 1$

Recurso 58: $(7,2,1,58,1) = 1$ $(8,3,2,58,1) = 1$ $(6,3,3,58,1) = 1$ $(6,2,4,58,1) = 1$ $(5,1,5,58,1) = 1$

$(8,2,6,58,1) = 1$ $(7,1,7,58,1) = 1$ $(8,1,8,58,1) = 1$ $(4,2,9,58,1) = 1$ $(4,1,10,58,1) = 1$

$(5,3,11,58,1) = 1$ $(8,1,12,58,1) = 1$ $(5,3,13,58,1) = 1$ $(5,1,14,58,1) = 1$ $(5,3,15,58,1) = 1$

$(5,1,16,58,1) = 1$ $(4,3,17,58,1) = 1$ $(4,3,18,58,1) = 1$ $(7,3,19,58,1) = 1$ $(4,3,20,58,1) = 1$

$(1,3,21,58,1) = 1$ $(6,3,22,58,1) = 1$ $(6,2,23,58,1) = 1$

Recurso 59: $(7,3,1,59,1) = 1$ $(8,3,2,59,1) = 1$ $(8,1,3,59,1) = 1$ $(1,2,4,59,1) = 1$ $(8,2,5,59,1) = 1$

$(5,3,6,59,1) = 1$ $(3,2,7,59,1) = 1$ $(5,3,8,59,1) = 1$ $(6,2,9,59,1) = 1$ $(7,2,10,59,1) = 1$

$(4,2,11,59,1) = 1$ $(1,2,12,59,1) = 1$ $(1,1,13,59,1) = 1$ $(5,3,14,59,1) = 1$ $(7,2,15,59,1) = 1$

$(6,2,16,59,1) = 1$ $(8,3,17,59,1) = 1$ $(2,1,18,59,1) = 1$ $(1,3,19,59,1) = 1$ $(4,3,20,59,1) = 1$

$(7,2,21,59,1) = 1$ $(2,1,22,59,1) = 1$

Cuatrimestre 2

Recurso 1: $(2,3,1,1,2) = 1$ $(8,3,2,1,2) = 1$

Recurso 2: $(7,3,1,2,2) = 1$ $(8,3,2,2,2) = 1$

Recurso 3: $(3,3,1,3,1) = 1$ $(8,3,2,3,1) = 1$

Recurso 4: $(8,3,1,4,2) = 1$ $(8,2,2,4,2) = 1$

Recurso 5: $(5,3,1,5,2) = 1$ $(8,3,2,5,2) = 1$

Recurso 6: $(3,3,1,6,2) = 1$ $(8,3,2,6,2) = 1$

Recurso 7: $(4,3,1,7,2) = 1$ $(8,3,2,7,2) = 1$ $(8,3,3,7,2) = 1$

Recurso 8: $(3,3,1,8,2) = 1$ $(8,3,2,8,2) = 1$ $(8,1,3,8,2) = 1$ $(4,2,4,8,2) = 1$

Recurso 9: $(7,3,1,9,2) = 1$ $(5,3,2,9,2) = 1$ $(7,2,3,9,2) = 1$ $(6,3,4,9,2) = 1$ $(2,1,5,9,2) = 1$

$(2,2,6,9,2) = 1$ $(6,2,7,9,2) = 1$ $(1,2,8,9,2) = 1$ $(1,3,9,9,2) = 1$

Recurso 10: $(7,3,1,10,2) = 1$ $(8,3,2,10,2) = 1$ $(7,1,3,10,2) = 1$ $(7,3,4,10,2) = 1$ $(5,3,5,10,2) = 1$

$(2,3,6,10,2) = 1$ $(7,3,7,10,2) = 1$ $(6,3,8,10,2) = 1$

Recurso 11: $(1,3,1,11,2) = 1$

Recurso 12: -

Recurso 13: $(3,3,1,13,2) = 1$ $(8,3,2,13,2) = 1$

Recurso 14: $(1,3,1,14,2) = 1$ $(3,1,2,14,2) = 1$ $(5,2,3,14,2) = 1$ $(4,2,4,14,2) = 1$ $(1,1,5,14,2) = 1$

$(5,1,6,14,2) = 1$ $(6,2,7,14,2) = 1$ $(1,1,8,14,2) = 1$ $(7,3,9,14,2) = 1$ $(4,2,10,14,2) = 1$

$(3,2,11,14,2) = 1$

Recurso 15: -

Recurso 16: -

Recurso 17: $(6,1,1,17,2) = 1$

Recurso 18: $(8,3,1,18,2) = 1$

Recurso 19: $(6,3,1,19,2) = 1$

Recurso 20: $(2,3,1,20,2) = 1$ $(8,3,2,20,2) = 1$ $(7,1,3,20,2) = 1$ $(8,2,4,20,2) = 1$ $(7,2,5,20,2) = 1$
 $(7,1,6,20,2) = 1$ $(5,2,7,20,2) = 1$

Recurso 21: $(3,3,1,21,2) = 1$ $(8,3,2,21,2) = 1$

Recurso 22: $(5,3,1,22,2) = 1$ $(8,3,2,22,2) = 1$

Recurso 23: $(8,3,1,23,2) = 1$ $(8,3,2,23,2) = 1$ $(7,1,3,23,2) = 1$

Recurso 24: $(2,3,1,24,2) = 1$ $(8,3,2,24,2) = 1$

Recurso 25: $(3,3,1,25,2) = 1$

Recurso 26: $(4,3,1,26,2) = 1$ $(8,3,2,26,2) = 1$

Recurso 27: $(2,3,1,27,2) = 1$ $(8,3,2,27,2) = 1$

Recurso 28: $(4,3,1,28,2) = 1$ $(8,3,2,28,2) = 1$

Recurso 29: $(5,3,1,29,2) = 1$

Recurso 30: $(8,3,1,30,2) = 1$ $(8,3,2,30,2) = 1$ $(8,2,3,30,2) = 1$ $(3,1,4,30,2) = 1$ $(7,2,5,30,2) = 1$
 $(3,2,6,30,2) = 1$ $(6,3,7,30,2) = 1$ $(5,2,8,30,2) = 1$ $(2,3,9,30,2) = 1$ $(6,2,10,30,2) = 1$
 $(5,3,11,30,2) = 1$ $(8,3,12,30,2) = 1$ $(1,1,13,30,2) = 1$ $(5,3,14,30,2) = 1$ $(3,1,15,30,2) = 1$
 $(2,3,16,30,2) = 1$ $(8,3,17,30,2) = 1$ $(8,2,18,30,2) = 1$ $(4,2,19,30,2) = 1$ $(6,2,20,30,2) = 1$
 $(1,1,21,30,2) = 1$ $(7,1,22,30,2) = 1$ $(4,3,23,30,2) = 1$

Recurso 31: $(8,3,1,31,2) = 1$ $(8,3,2,31,2) = 1$ $(6,3,3,31,2) = 1$ $(2,2,4,31,2) = 1$ $(3,3,5,31,2) = 1$
 $(4,2,6,31,2) = 1$ $(3,1,7,31,2) = 1$ $(7,1,8,31,2) = 1$ $(4,3,9,31,2) = 1$ $(6,1,10,31,2) = 1$
 $(3,2,11,31,2) = 1$ $(5,3,12,31,2) = 1$ $(1,3,13,31,2) = 1$ $(8,1,14,31,2) = 1$ $(3,3,15,31,2) = 1$
 $(8,3,16,31,2) = 1$ $(8,3,17,31,2) = 1$ $(3,3,18,31,2) = 1$ $(2,1,19,31,2) = 1$ $(2,1,20,31,2) = 1$
 $(2,2,21,31,2) = 1$ $(1,2,22,31,2) = 1$ $(6,1,23,31,2) = 1$

Recurso 32: $(3,2,1,32,2) = 1$ $(3,3,2,32,2) = 1$ $(8,3,3,32,2) = 1$ $(5,3,4,32,2) = 1$ $(7,2,5,32,2) = 1$

$$\begin{aligned}
(3,3,6,32,2) &= 1 \quad (8,1,7,32,2) = 1 \quad (1,2,8,32,2) = 1 \quad (8,3,9,32,2) = 1 \quad (1,3,10,32,2) = 1 \\
(1,3,11,32,2) &= 1 \quad (1,2,12,32,2) = 1 \quad (2,3,13,32,2) = 1 \quad (3,2,14,32,2) = 1 \quad (2,2,15,32,2) = 1 \\
(7,1,16,32,2) &= 1 \quad (8,2,17,32,2) = 1 \quad (6,1,18,32,2) = 1 \quad (5,1,19,32,2) = 1 \quad (2,1,20,32,2) = 1 \\
(2,2,21,32,2) &= 1 \quad (8,2,22,32,2) = 1 \quad (8,3,23,32,2) = 1
\end{aligned}$$

Recurso 33:

$$\begin{aligned}
(3,1,1,33,2) &= 1 \quad (2,3,2,33,2) = 1 \quad (8,3,3,33,2) = 1 \quad (7,1,4,33,2) = 1 \quad (4,1,5,33,2) = 1 \\
(2,2,6,33,2) &= 1 \quad (6,2,7,33,2) = 1 \quad (7,1,8,33,2) = 1 \quad (4,1,9,33,2) = 1 \quad (6,2,10,33,2) = 1 \\
(5,2,11,33,2) &= 1 \quad (2,3,12,33,2) = 1 \quad (3,3,13,33,2) = 1 \quad (6,2,14,33,2) = 1 \quad (8,1,15,33,2) = 1 \\
(8,1,16,33,2) &= 1 \quad (3,3,17,33,2) = 1 \quad (3,2,18,33,2) = 1 \quad (4,2,19,33,2) = 1 \quad (4,3,20,33,2) = 1 \\
(5,2,21,33,2) &= 1 \quad (3,2,22,33,2) = 1 \quad (6,1,23,33,2) = 1
\end{aligned}$$

Recurso 34:

$$\begin{aligned}
(3,3,1,34,2) &= 1 \quad (8,3,2,34,2) = 1 \quad (8,1,3,34,2) = 1 \quad (2,2,4,34,2) = 1 \quad (1,1,5,34,2) = 1 \\
(2,3,6,34,2) &= 1 \quad (8,1,7,34,2) = 1 \quad (3,3,8,34,2) = 1 \quad (1,2,9,34,2) = 1 \quad (8,2,10,34,2) = 1 \\
(2,2,11,34,2) &= 1 \quad (7,2,12,34,2) = 1 \quad (7,2,13,34,2) = 1 \quad (7,3,14,34,2) = 1 \quad (6,2,15,34,2) = 1 \\
(2,2,16,34,2) &= 1 \quad (4,3,17,34,2) = 1 \quad (3,1,18,34,2) = 1 \quad (2,3,19,34,2) = 1 \quad (3,1,20,34,2) = 1 \\
(5,3,21,34,2) &= 1 \quad (8,2,22,34,2) = 1 \quad (1,3,23,34,2) = 1
\end{aligned}$$

Recurso 35:

$$\begin{aligned}
(7,3,1,35,2) &= 1 \quad (5,3,2,35,2) = 1 \quad (7,2,3,35,2) = 1 \quad (4,3,4,35,2) = 1 \quad (2,3,5,35,2) = 1 \\
(5,3,6,35,2) &= 1 \quad (6,1,7,35,2) = 1 \quad (6,3,8,35,2) = 1 \quad (4,1,9,35,2) = 1 \quad (4,1,10,35,2) = 1 \\
(1,2,11,35,2) &= 1 \quad (5,3,12,35,2) = 1 \quad (4,1,13,35,2) = 1 \quad (3,1,14,35,2) = 1 \quad (1,3,15,35,2) = 1 \\
(1,3,16,35,2) &= 1 \quad (6,3,17,35,2) = 1 \quad (6,1,18,35,2) = 1 \quad (3,2,19,35,2) = 1 \quad (4,3,20,35,2) = 1 \\
(8,3,21,35,2) &= 1 \quad (2,3,22,35,2) = 1 \quad (5,3,23,35,2) = 1
\end{aligned}$$

Recurso 36:

$$\begin{aligned}
(2,3,1,36,2) &= 1 \quad (3,1,2,36,2) = 1 \quad (2,2,3,36,2) = 1 \quad (6,3,4,36,2) = 1 \quad (2,2,5,36,2) = 1 \\
(3,2,6,36,2) &= 1 \quad (3,1,7,36,2) = 1 \quad (3,1,8,36,2) = 1 \quad (3,2,9,36,2) = 1 \quad (5,2,10,36,2) = 1 \\
(8,3,11,36,2) &= 1 \quad (6,3,12,36,2) = 1 \quad (1,2,13,36,2) = 1 \quad (2,2,14,36,2) = 1 \quad (2,1,15,36,2) = 1 \\
(1,2,16,36,2) &= 1 \quad (4,1,17,36,2) = 1 \quad (3,3,18,36,2) = 1 \quad (3,2,19,36,2) = 1 \quad (7,2,20,36,2) = 1
\end{aligned}$$

$$(6,3,21,36,2) = 1(5,3,22,36,2) = 1(8,1,23,36,2) = 1$$

Recurso 37: $(4,3,1,37,2) = 1$ $(8,3,2,37,2) = 1$ $(7,3,3,37,2) = 1$ $(3,3,4,37,2) = 1$ $(2,3,5,37,2) = 1$
 $(5,3,6,37,2) = 1$ $(2,1,7,37,2) = 1$

Recurso 38: $(1,3,1,38,2) = 1$ $(6,3,2,38,2) = 1$ $(5,3,3,38,2) = 1$

Recurso 39: $(1,3,1,39,2) = 1$ $(3,3,2,39,2) = 1$ $(5,1,3,39,2) = 1$ $(5,1,4,39,2) = 1$ $(8,1,5,39,2) = 1$
 $(2,2,6,39,2) = 1$ $(6,3,7,39,2) = 1$ $(1,3,8,39,2) = 1$ $(7,2,9,39,2) = 1$ $(6,3,10,39,2) = 1$
 $(7,2,11,39,2) = 1$ $(8,2,12,39,2) = 1$

Recurso 40: $(4,3,1,40,2) = 1$ $(3,2,2,40,2) = 1$ $(2,3,3,40,2) = 1$ $(5,2,4,40,2) = 1$ $(4,1,5,40,2) = 1$
 $(2,2,6,40,2) = 1$ $(1,2,7,40,2) = 1$ $(3,1,8,40,2) = 1$ $(4,1,9,40,2) = 1$ $(7,1,10,40,2) = 1$
 $(4,2,11,40,2) = 1$ $(6,3,12,40,2) = 1$ $(4,3,13,40,2) = 1$ $(4,2,14,40,2) = 1$ $(8,2,15,40,2) = 1$
 $(8,3,16,40,2) = 1$ $(6,2,17,40,2) = 1$ $(2,1,18,40,2) = 1$ $(8,1,19,40,2) = 1$ $(3,3,20,40,2) = 1$
 $(8,2,21,20,2) = 1$ $(1,3,22,40,2) = 1$ $(5,2,23,40,2) = 1$

Recurso 41: $(5,2,1,41,2) = 1$ $(4,2,2,41,2) = 1$ $(2,2,3,41,2) = 1$ $(2,3,4,41,2) = 1$ $(3,2,5,41,2) = 1$
 $(6,3,6,41,2) = 1$ $(3,3,7,41,2) = 1$ $(4,3,8,41,2) = 1$

Recurso 42: $(5,3,1,42,2) = 1$

Recurso 43: $(4,3,1,43,2) = 1$ $(8,3,2,43,2) = 1$

Recurso 44: $(7,3,1,44,2) = 1$ $(8,3,2,44,2) = 1$

Recurso 45: $(5,3,1,45,2) = 1$ $(8,3,2,45,2) = 1$

Recurso 46: $(2,3,1,46,2) = 1$ $(8,3,2,46,2) = 1$ $(8,1,3,46,2) = 1$

Recurso 47: $(7,3,1,47,2) = 1$ $(8,3,2,47,2) = 1$

Recurso 48: $(6,3,1,48,2) = 1$ $(8,3,2,48,2) = 1$

Recurso 49: $(4,3,1,49,2) = 1$ $(8,3,2,49,2) = 1$

Recurso 50: $(6,3,1,50,2) = 1$

Recurso 51: $(5,3,1,51,2) = 1$ $(8,3,2,51,2) = 1$

Recurso 52: $(8,3,1,52,2) = 1$ $(8,3,2,52,2) = 1$

Recurso 53: $(3,3,1,53,2) = 1$ $(8,3,2,53,2) = 1$

Recurso 54: $(4,3,1,54,2) = 1$ $(8,3,2,54,2) = 1$

Recurso 55: $(4,3,1,55,2) = 1$ $(8,3,2,55,2) = 1$

Recurso 56: -

Recurso 57: $(3,2,1,57,2) = 1$ $(3,3,2,57,2) = 1$

Recurso 58: $(4,1,1,58,2) = 1$ $(5,3,2,58,2) = 1$ $(8,3,3,58,2) = 1$ $(7,3,4,58,2) = 1$ $(7,2,5,58,2) = 1$

$(3,1,6,58,2) = 1$ $(2,3,7,58,2) = 1$ $(5,3,8,58,2) = 1$ $(4,1,9,58,2) = 1$ $(6,2,10,58,2) = 1$

$(2,3,11,58,2) = 1$ $(6,2,12,58,2) = 1$ $(5,3,13,58,2) = 1$ $(3,3,14,58,2) = 1$ $(8,2,15,58,2) = 1$

$(7,3,16,58,2) = 1$ $(8,3,17,58,2) = 1$ $(3,2,18,58,2) = 1$ $(1,3,19,58,2) = 1$ $(3,1,20,58,2) = 1$

$(2,1,21,58,2) = 1$ $(7,3,22,58,2) = 1$ $(7,2,23,58,2) = 1$

Recurso 59: $(2,1,1,59,2) = 1$ $(5,1,2,59,2) = 1$ $(2,3,3,59,2) = 1$ $(5,3,4,59,2) = 1$ $(5,3,5,59,2) = 1$

$(5,1,6,59,2) = 1$ $(2,1,7,59,2) = 1$ $(5,1,8,59,2) = 1$ $(3,1,9,59,2) = 1$ $(6,1,10,59,2) = 1$

$(1,1,11,59,2) = 1$ $(4,2,12,59,2) = 1$ $(7,1,13,59,2) = 1$ $(1,3,14,59,2) = 1$ $(6,2,15,59,2) = 1$

$(4,1,16,59,2) = 1$ $(8,1,17,59,2) = 1$ $(5,3,18,59,2) = 1$ $(3,3,19,59,2) = 1$ $(5,1,20,59,2) = 1$

$(7,1,21,59,2) = 1$ $(7,1,22,59,2) = 1$ $(2,2,23,59,2) = 1$

Cuatrimestre 3

Recurso 1: -

Recurso 2: -

Recurso 3: $(1,2,1,3,3) = 1$

Recurso 4: -

Recurso 5: -

- Recurso 6:** -
- Recurso 7:** $(1,2,1,7,3) = 1$
- Recurso 8:** -
- Recurso 9:** -
- Recurso 10:** -
- Recurso 11:** -
- Recurso 12:** -
- Recurso 13:** -
- Recurso 14:** -
- Recurso 15:** $(1,2,1,15,3) = 1$ $(1,2,2,15,3) = 1$ $(1,2,3,15,3) = 1$ $(1,2,4,15,3) = 1$ $(1,2,5,15,3) = 1$
 $(1,2,6,15,3) = 1$ $(1,2,7,15,3) = 1$ $(1,2,8,15,3) = 1$ $(1,2,9,15,3) = 1$ $(1,2,10,15,3) = 1$
 $(1,2,11,15,3) = 1$ $(1,2,12,15,3) = 1$ $(1,2,13,15,3) = 1$ $(1,2,14,15,3) = 1$ $(1,2,15,15,3) = 1$
 $(1,2,16,15,3) = 1$ $(1,2,17,15,3) = 1$ $(1,2,18,15,3) = 1$ $(1,2,19,15,3) = 1$ $(1,2,20,15,3) = 1$
- Recurso 16:** $(1,2,1,16,3) = 1$ $(1,2,2,16,3) = 1$ $(1,2,3,16,3) = 1$ $(1,2,4,16,3) = 1$ $(1,2,5,16,3) = 1$
 $(1,2,6,16,3) = 1$ $(1,2,7,16,3) = 1$ $(1,2,8,16,3) = 1$ $(1,2,9,16,3) = 1$ $(1,2,10,16,3) = 1$
 $(1,2,11,16,3) = 1$ $(1,2,12,16,3) = 1$ $(1,2,13,16,3) = 1$ $(1,2,14,16,3) = 1$ $(1,2,15,16,3) = 1$
 $(1,2,16,16,3) = 1$ $(1,2,17,16,3) = 1$ $(1,2,18,16,3) = 1$ $(1,2,19,16,3) = 1$ $(1,2,20,16,3) = 1$
 $(1,2,21,16,3) = 1$
- Recurso 17:** $(1,2,1,17,3) = 1$ $(1,2,2,17,3) = 1$ $(1,2,3,17,3) = 1$ $(1,2,4,17,3) = 1$ $(1,2,5,17,3) = 1$
 $(1,2,6,17,3) = 1$ $(1,2,7,17,3) = 1$ $(1,2,8,17,3) = 1$ $(1,2,9,17,3) = 1$ $(1,2,10,17,3) = 1$
 $(1,2,11,17,3) = 1$ $(1,2,12,17,3) = 1$ $(1,2,13,17,3) = 1$ $(1,2,14,17,3) = 1$ $(1,2,15,17,3) = 1$
 $(1,2,16,17,3) = 1$
- Recurso 18:** $(1,2,1,18,3) = 1$ $(1,2,2,18,3) = 1$ $(1,2,3,18,3) = 1$ $(1,2,4,18,3) = 1$ $(1,2,5,18,3) = 1$

Recurso 19: $(1,2,1,19,3) = 1$ $(1,2,2,19,3) = 1$ $(1,2,3,19,3) = 1$ $(1,2,4,19,3) = 1$ $(1,2,5,19,3) = 1$
 $(1,2,6,19,3) = 1$ $(1,2,7,19,3) = 1$ $(1,2,8,19,3) = 1$

Recurso 20: $(1,2,1,20,3) = 1$ $(1,2,2,20,3) = 1$ $(1,2,3,20,3) = 1$ $(1,2,4,20,3) = 1$ $(1,2,5,20,3) = 1$
 $(1,2,6,20,3) = 1$ $(1,2,7,20,3) = 1$ $(1,2,8,20,3) = 1$

Recurso 21: $(1,2,1,21,3) = 1$ $(1,2,2,21,3) = 1$ $(1,2,3,21,3) = 1$ $(1,2,4,21,3) = 1$ $(1,2,5,21,3) = 1$
 $(1,2,6,21,3) = 1$ $(1,2,7,21,3) = 1$ $(1,2,8,21,3) = 1$ $(1,2,9,21,3) = 1$ $(1,2,10,21,3) = 1$
 $(1,2,11,21,3) = 1$ $(1,2,12,21,3) = 1$ $(1,2,13,21,3) = 1$ $(1,2,14,21,3) = 1$ $(1,2,15,21,3) = 1$
 $(1,2,16,21,3) = 1$ $(1,2,17,21,3) = 1$ $(1,2,18,21,3) = 1$ $(1,2,19,21,3) = 1$ $(1,2,20,21,3) = 1$
 $(1,2,21,21,3) = 1$ $(1,2,22,21,3) = 1$ $(1,2,23,21,3) = 1$ $(1,2,24,21,3) = 1$

Recurso 22: $(1,2,1,22,3) = 1$ $(1,2,2,22,3) = 1$ $(1,2,3,22,3) = 1$ $(1,2,4,22,3) = 1$ $(1,2,5,22,3) = 1$
 $(1,2,6,22,3) = 1$ $(1,2,7,22,3) = 1$ $(1,2,8,22,3) = 1$ $(1,2,9,22,3) = 1$ $(1,2,10,22,3) = 1$
 $(1,2,11,22,3) = 1$ $(1,2,12,22,3) = 1$ $(1,2,13,22,3) = 1$

Recurso 23: $(1,2,1,23,3) = 1$ $(1,2,2,23,3) = 1$ $(1,2,3,23,3) = 1$ $(1,2,4,23,3) = 1$ $(1,2,5,23,3) = 1$
 $(1,2,6,23,3) = 1$ $(1,2,7,23,3) = 1$ $(1,2,8,23,3) = 1$ $(1,2,9,23,3) = 1$ $(1,2,10,23,3) = 1$
 $(1,2,11,23,3) = 1$ $(1,2,12,23,3) = 1$ $(1,2,13,23,3) = 1$ $(1,2,14,23,3) = 1$ $(1,2,15,23,3) = 1$
 $(1,2,16,23,3) = 1$ $(1,2,17,23,3) = 1$

Recurso 24: $(1,2,1,24,3) = 1$ $(1,2,2,24,3) = 1$ $(1,2,3,24,3) = 1$ $(1,2,4,24,3) = 1$ $(1,2,5,24,3) = 1$
 $(1,2,6,24,3) = 1$ $(1,2,7,24,3) = 1$ $(1,2,8,24,3) = 1$ $(1,2,9,24,3) = 1$ $(1,2,10,24,3) = 1$
 $(1,2,11,24,3) = 1$ $(1,2,12,24,3) = 1$

Recurso 25: $(1,2,1,25,3) = 1$ $(1,2,2,25,3) = 1$ $(1,2,3,25,3) = 1$ $(1,2,4,25,3) = 1$ $(1,2,5,25,3) = 1$
 $(1,2,6,25,3) = 1$ $(1,2,7,25,3) = 1$ $(1,2,8,25,3) = 1$ $(1,2,9,25,3) = 1$ $(1,2,10,25,3) = 1$

Recurso 26: $(1,2,1,26,3) = 1$ $(1,2,2,26,3) = 1$ $(1,2,3,26,3) = 1$ $(1,2,4,26,3) = 1$ $(1,2,5,26,3) = 1$
 $(1,2,6,26,3) = 1$ $(1,2,7,26,3) = 1$ $(1,2,8,26,3) = 1$ $(1,2,9,26,3) = 1$ $(1,2,10,26,3) = 1$

$$(1,2,11,26,3) = 1 \quad (1,2,12,26,3) = 1 \quad (1,2,13,26,3) = 1 \quad (1,2,14,26,3) = 1 \quad (1,2,15,26,3) = 1$$

$$(1,2,16,26,3) = 1 \quad (1,2,17,26,3) = 1 \quad (1,2,18,26,3) = 1 \quad (1,2,19,26,3) = 1 \quad (1,2,20,26,3) = 1$$

$$(1,2,21,26,3) = 1 \quad (1,2,22,26,3) = 1 \quad (1,2,23,26,3) = 1 \quad (1,2,24,26,3) = 1$$

Recurso 27: $(1,2,1,27,3) = 1 \quad (1,2,2,27,3) = 1 \quad (1,2,3,27,3) = 1 \quad (1,2,4,27,3) = 1 \quad (1,2,5,27,3) = 1$

$$(1,2,6,27,3) = 1 \quad (1,2,7,27,3) = 1 \quad (1,2,8,27,3) = 1 \quad (1,2,9,27,3) = 1 \quad (1,2,10,27,3) = 1$$

$$(1,2,11,27,3) = 1 \quad (1,2,12,27,3) = 1 \quad (1,2,13,27,3) = 1 \quad (1,2,14,27,3) = 1 \quad (1,2,15,27,3) = 1$$

$$(1,2,16,27,3) = 1$$

Recurso 28: $(1,2,1,28,3) = 1 \quad (1,2,2,28,3) = 1 \quad (1,2,3,28,3) = 1 \quad (1,2,4,28,3) = 1 \quad (1,2,5,28,3) = 1$

$$(1,2,6,28,3) = 1 \quad (1,2,7,28,3) = 1 \quad (1,2,8,28,3) = 1 \quad (1,2,9,28,3) = 1 \quad (1,2,10,28,3) = 1$$

$$(1,2,11,28,3) = 1 \quad (1,2,12,28,3) = 1 \quad (1,2,13,28,3) = 1 \quad (1,2,14,28,3) = 1 \quad (1,2,15,28,3) = 1$$

$$(1,2,16,28,3) = 1 \quad (1,2,17,28,3) = 1 \quad (1,2,18,28,3) = 1 \quad (1,2,19,28,3) = 1 \quad (1,2,20,28,3) = 1$$

Recurso 29: $(1,2,1,29,3) = 1 \quad (1,2,2,29,3) = 1 \quad (1,2,3,29,3) = 1 \quad (1,2,4,29,3) = 1 \quad (1,2,5,29,3) = 1$

$$(1,2,6,29,3) = 1$$

Recurso 30: $(1,2,1,30,3) = 1 \quad (1,2,2,30,3) = 1 \quad (1,2,3,30,3) = 1 \quad (1,2,4,30,3) = 1 \quad (1,2,5,30,3) = 1$

$$(1,2,6,30,3) = 1 \quad (1,2,7,30,3) = 1 \quad (1,2,8,30,3) = 1 \quad (1,2,9,30,3) = 1 \quad (1,2,10,30,3) = 1$$

$$(1,2,11,30,3) = 1 \quad (1,2,12,30,3) = 1 \quad (1,2,13,30,3) = 1 \quad (1,2,14,30,3) = 1 \quad (1,2,15,30,3) = 1$$

Recurso 31: $(1,2,1,31,3) = 1 \quad (1,2,2,31,3) = 1 \quad (1,2,3,31,3) = 1 \quad (1,2,4,31,3) = 1 \quad (1,2,5,31,3) = 1$

$$(1,2,6,31,3) = 1 \quad (1,2,7,31,3) = 1 \quad (1,2,8,31,3) = 1 \quad (1,2,9,31,3) = 1 \quad (1,2,10,31,3) = 1$$

$$(1,2,11,31,3) = 1 \quad (1,2,12,31,3) = 1 \quad (1,2,13,31,3) = 1 \quad (1,2,14,31,3) = 1 \quad (1,2,15,31,3) = 1$$

Recurso 32: $(1,2,1,32,3) = 1 \quad (1,2,2,32,3) = 1 \quad (1,2,3,32,3) = 1 \quad (1,2,4,32,3) = 1 \quad (1,2,5,32,3) = 1$

$$(1,2,6,32,3) = 1 \quad (1,2,7,32,3) = 1 \quad (1,2,8,32,3) = 1 \quad (1,2,9,32,3) = 1 \quad (1,2,10,32,3) = 1$$

$$(1,2,11,32,3) = 1 \quad (1,2,12,32,3) = 1 \quad (1,2,13,32,3) = 1 \quad (1,2,14,32,3) = 1 \quad (1,2,15,32,3) = 1$$

Recurso 33: $(1,2,1,33,3) = 1 \quad (1,2,2,33,3) = 1 \quad (1,2,3,33,3) = 1 \quad (1,2,4,33,3) = 1 \quad (1,2,5,33,3) = 1$

$$(1,2,6,33,3) = 1 \quad (1,2,7,33,3) = 1 \quad (1,2,8,33,3) = 1 \quad (1,2,9,33,3) = 1 \quad (1,2,10,33,3) = 1$$

$$(1,2,11,33,3) = 1 \quad (1,2,12,33,3) = 1 \quad (1,2,13,33,3) = 1 \quad (1,2,14,33,3) = 1 \quad (1,2,15,33,3) = 1$$

Recurso 34: $(1,2,1,34,3) = 1 \quad (1,2,2,34,3) = 1 \quad (1,2,3,34,3) = 1 \quad (1,2,4,34,3) = 1 \quad (1,2,5,34,3) = 1$

$$(1,2,6,34,3) = 1 \quad (1,2,7,34,3) = 1 \quad (1,2,8,34,3) = 1 \quad (1,2,9,34,3) = 1 \quad (1,2,10,34,3) = 1$$

$$(1,2,11,34,3) = 1 \quad (1,2,12,34,3) = 1 \quad (1,2,13,34,3) = 1 \quad (1,2,14,34,3) = 1 \quad (1,2,15,34,3) = 1$$

Recurso 35: $(1,2,1,35,3) = 1 \quad (1,2,2,35,3) = 1 \quad (1,2,3,35,3) = 1 \quad (1,2,4,35,3) = 1 \quad (1,2,5,35,3) = 1$

$$(1,2,6,35,3) = 1 \quad (1,2,7,35,3) = 1 \quad (1,2,8,35,3) = 1 \quad (1,2,9,35,3) = 1 \quad (1,2,10,35,3) = 1$$

$$(1,2,11,35,3) = 1 \quad (1,2,12,35,3) = 1 \quad (1,2,13,35,3) = 1 \quad (1,2,14,35,3) = 1 \quad (1,2,15,35,3) = 1$$

Recurso 36: $(1,2,1,36,3) = 1 \quad (1,2,2,36,3) = 1 \quad (1,2,3,36,3) = 1 \quad (1,2,4,36,3) = 1 \quad (1,2,5,36,3) = 1$

$$(1,2,6,36,3) = 1 \quad (1,2,7,36,3) = 1 \quad (1,2,8,36,3) = 1 \quad (1,2,9,36,3) = 1 \quad (1,2,10,36,3) = 1$$

$$(1,2,11,36,3) = 1 \quad (1,2,12,36,3) = 1 \quad (1,2,13,36,3) = 1 \quad (1,2,14,36,3) = 1 \quad (1,2,15,36,3) = 1$$

Recurso 37: $(1,2,1,37,3) = 1 \quad (1,2,2,37,3) = 1 \quad (1,2,3,37,3) = 1 \quad (1,2,4,37,3) = 1 \quad (1,2,5,37,3) = 1$

$$(1,2,6,37,3) = 1 \quad (1,2,7,37,3) = 1 \quad (1,2,8,37,3) = 1 \quad (1,2,9,37,3) = 1 \quad (1,2,10,37,3) = 1$$

$$(1,2,11,37,3) = 1 \quad (1,2,12,37,3) = 1 \quad (1,2,13,37,3) = 1 \quad (1,2,14,37,3) = 1 \quad (1,2,15,37,3) = 1$$

$$(1,2,16,37,3) = 1$$

Recurso 38: $(1,2,1,38,3) = 1 \quad (1,2,2,38,3) = 1 \quad (1,2,3,38,3) = 1 \quad (1,2,4,38,3) = 1 \quad (1,2,5,38,3) = 1$

$$(1,2,6,38,3) = 1 \quad (1,2,7,38,3) = 1 \quad (1,2,8,38,3) = 1 \quad (1,2,9,38,3) = 1 \quad (1,2,10,38,3) = 1$$

$$(1,2,11,38,3) = 1 \quad (1,2,12,38,3) = 1 \quad (1,2,13,38,3) = 1 \quad (1,2,14,38,3) = 1 \quad (1,2,15,38,3) = 1$$

$$(1,2,16,38,3) = 1$$

Recurso 39: $(1,2,1,39,3) = 1 \quad (1,2,2,39,3) = 1 \quad (1,2,3,39,3) = 1 \quad (1,2,4,39,3) = 1 \quad (1,2,5,39,3) = 1$

$$(1,2,6,39,3) = 1 \quad (1,2,7,39,3) = 1 \quad (1,2,8,39,3) = 1 \quad (1,2,9,39,3) = 1 \quad (1,2,10,39,3) = 1$$

$$(1,2,11,39,3) = 1 \quad (1,2,12,39,3) = 1 \quad (1,2,13,39,3) = 1 \quad (1,2,14,39,3) = 1 \quad (1,2,15,39,3) = 1$$

$$(1,2,16,39,3) = 1$$

Recurso 40: $(1,2,1,40,3) = 1$ $(1,2,2,40,3) = 1$ $(1,2,3,40,3) = 1$ $(1,2,4,40,3) = 1$ $(1,2,5,40,3) = 1$
 $(1,2,6,40,3) = 1$ $(1,2,7,40,3) = 1$ $(1,2,8,40,3) = 1$ $(1,2,9,40,3) = 1$ $(1,2,10,40,3) = 1$
 $(1,2,11,40,3) = 1$ $(1,2,12,40,3) = 1$ $(1,2,13,40,3) = 1$ $(1,2,14,40,3) = 1$ $(1,2,15,40,3) = 1$
 $(1,2,16,40,3) = 1$

Recurso 41: $(1,2,1,41,3) = 1$ $(1,2,2,41,3) = 1$ $(1,2,3,41,3) = 1$ $(1,2,4,41,3) = 1$ $(1,2,5,41,3) = 1$
 $(1,2,6,41,3) = 1$ $(1,2,7,41,3) = 1$ $(1,2,8,41,3) = 1$ $(1,2,9,41,3) = 1$ $(1,2,10,41,3) = 1$
 $(1,2,11,41,3) = 1$ $(1,2,12,41,3) = 1$ $(1,2,13,41,3) = 1$ $(1,2,14,41,3) = 1$ $(1,2,15,41,3) = 1$
 $(1,2,16,41,3) = 1$

Recurso 42: $(1,2,1,42,3) = 1$ $(1,2,2,42,3) = 1$ $(1,2,3,42,3) = 1$ $(1,2,4,42,3) = 1$ $(1,2,5,42,3) = 1$
 $(1,2,6,42,3) = 1$ $(1,2,7,42,3) = 1$ $(1,2,8,42,3) = 1$ $(1,3,9,42,3) = 1$ $(2,3,10,42,3) = 1$
 $(2,3,11,42,3) = 1$ $(1,1,12,42,3) = 1$ $(8,1,13,42,3) = 1$ $(1,2,14,42,3) = 1$ $(1,2,15,42,3) = 1$
 $(1,2,16,42,3) = 1$ $(1,2,17,42,3) = 1$ $(1,2,18,42,3) = 1$ $(1,2,19,42,3) = 1$ $(1,2,20,42,3) = 1$
 $(1,2,21,42,3) = 1$ $(1,2,22,42,3) = 1$ $(1,2,23,42,3) = 1$ $(1,2,24,42,3) = 1$

Recurso 43: $(1,2,1,43,3) = 1$ $(1,2,2,43,3) = 1$ $(1,2,3,43,3) = 1$ $(1,2,4,43,3) = 1$ $(1,2,5,43,3) = 1$
 $(1,2,6,43,3) = 1$ $(1,2,7,43,3) = 1$ $(1,2,8,43,3) = 1$ $(1,2,9,43,3) = 1$ $(1,2,10,43,3) = 1$
 $(1,2,11,43,3) = 1$ $(1,2,12,43,3) = 1$ $(1,2,13,43,3) = 1$ $(1,2,14,43,3) = 1$ $(1,2,15,43,3) = 1$
 $(1,2,16,43,3) = 1$ $(1,2,17,43,3) = 1$ $(1,2,18,43,3) = 1$ $(1,2,19,43,3) = 1$ $(1,2,20,43,3) = 1$
 $(1,2,21,43,3) = 1$ $(1,2,22,43,3) = 1$ $(1,2,23,43,3) = 1$ $(1,2,24,43,3) = 1$

Recurso 44: $(1,2,1,44,3) = 1$ $(1,2,2,44,3) = 1$ $(1,2,3,44,3) = 1$ $(1,2,4,44,3) = 1$ $(1,2,5,44,3) = 1$
 $(1,2,6,44,3) = 1$ $(1,2,7,44,3) = 1$ $(1,2,8,44,3) = 1$ $(1,2,9,44,3) = 1$ $(1,2,10,44,3) = 1$
 $(1,2,11,44,3) = 1$ $(1,2,12,44,3) = 1$ $(1,2,13,44,3) = 1$ $(1,2,14,44,3) = 1$ $(1,2,15,44,3) = 1$
 $(1,2,16,44,3) = 1$ $(1,2,17,44,3) = 1$ $(1,2,18,44,3) = 1$ $(1,2,19,44,3) = 1$ $(1,2,20,44,3) = 1$
 $(1,3,21,44,3) = 1$ $(1,2,22,44,3) = 1$ $(1,2,23,44,3) = 1$ $(1,1,24,44,3) = 1$

Recurso 45: $(1,3,1,45,3) = 1$ $(1,2,2,45,3) = 1$ $(1,2,3,45,3) = 1$ $(1,2,4,45,3) = 1$ $(1,2,5,45,3) = 1$
 $(1,2,6,45,3) = 1$ $(1,1,7,45,3) = 1$ $(8,1,8,45,3) = 1$ $(8,1,9,45,3) = 1$ $(8,1,10,45,3) = 1$
 $(1,2,11,45,3) = 1$ $(1,1,12,45,3) = 1$ $(8,1,13,45,3) = 1$ $(8,1,14,45,3) = 1$ $(8,1,15,45,3) = 1$
 $(8,1,16,45,3) = 1$ $(1,2,17,45,3) = 1$ $(1,2,18,45,3) = 1$ $(1,2,19,45,3) = 1$ $(1,2,20,45,3) = 1$
 $(1,3,21,45,3) = 1$ $(1,1,22,45,3) = 1$ $(1,3,23,45,3) = 1$ $(1,1,24,45,3) = 1$

Recurso 46: $(1,2,1,46,3) = 1$ $(1,2,2,46,3) = 1$ $(1,1,3,46,3) = 1$ $(8,2,4,46,3) = 1$ $(1,2,5,46,3) = 1$
 $(1,2,6,46,3) = 1$ $(1,1,7,46,3) = 1$ $(8,1,8,46,3) = 1$ $(8,1,9,46,3) = 1$ $(8,2,10,46,3) = 1$
 $(1,2,11,46,3) = 1$ $(1,2,12,46,3) = 1$ $(1,2,13,46,3) = 1$ $(1,2,14,46,3) = 1$ $(1,2,15,46,3) = 1$
 $(1,2,16,46,3) = 1$ $(1,2,17,46,3) = 1$ $(1,2,18,46,3) = 1$ $(1,2,19,46,3) = 1$ $(1,2,20,46,3) = 1$
 $(1,2,21,46,3) = 1$ $(1,1,22,46,3) = 1$ $(1,3,23,46,3) = 1$ $(1,1,24,46,3) = 1$

Recurso 47: $(1,2,1,47,3) = 1$ $(1,2,2,47,3) = 1$ $(1,1,3,47,3) = 1$ $(1,1,4,47,3) = 1$ $(1,2,5,47,3) = 1$
 $(1,2,6,47,3) = 1$ $(2,2,7,47,3) = 1$ $(1,3,8,47,3) = 1$ $(1,2,9,47,3) = 1$ $(1,2,10,47,3) = 1$
 $(2,2,11,47,3) = 1$ $(1,3,12,47,3) = 1$ $(1,3,13,47,3) = 1$ $(1,2,14,47,3) = 1$ $(1,3,15,47,3) = 1$
 $(1,3,16,47,3) = 1$ $(1,1,17,47,3) = 1$ $(1,3,18,47,3) = 1$ $(1,3,19,47,3) = 1$ $(1,1,20,47,3) = 1$
 $(1,2,21,47,3) = 1$ $(2,3,22,47,3) = 1$ $(1,1,23,47,3) = 1$ $(1,3,24,47,3) = 1$

Recurso 48: $(1,3,1,48,3) = 1$ $(1,3,2,48,3) = 1$ $(1,1,3,48,3) = 1$ $(1,1,4,48,3) = 1$ $(1,2,5,48,3) = 1$
 $(1,1,6,48,3) = 1$ $(1,1,7,48,3) = 1$ $(1,3,8,48,3) = 1$ $(1,3,9,48,3) = 1$ $(1,1,10,48,3) = 1$
 $(1,2,11,48,3) = 1$ $(1,3,12,48,3) = 1$ $(1,2,13,48,3) = 1$ $(1,3,14,48,3) = 1$ $(1,3,15,48,3) = 1$
 $(1,2,16,48,3) = 1$ $(1,3,17,48,3) = 1$ $(1,3,18,48,3) = 1$ $(1,2,19,48,3) = 1$ $(1,3,20,48,3) = 1$
 $(1,3,21,48,3) = 1$ $(1,2,22,48,3) = 1$ $(1,2,23,48,3) = 1$ $(1,2,24,48,3) = 1$

Recurso 49: $(1,3,1,49,3) = 1$ $(1,1,2,49,3) = 1$ $(6,3,3,49,3) = 1$ $(1,2,4,49,3) = 1$ $(1,3,5,49,3) = 1$
 $(1,2,6,49,3) = 1$ $(1,2,7,49,3) = 1$ $(1,3,8,49,3) = 1$ $(1,2,9,49,3) = 1$ $(1,3,10,49,3) = 1$
 $(1,2,11,49,3) = 1$ $(1,1,12,49,3) = 1$ $(1,1,13,49,3) = 1$ $(1,3,14,49,3) = 1$ $(1,2,15,49,3) = 1$

$$(1,3,16,49,3) = 1 (1,3,17,49,3) = 1 (1,2,18,49,3) = 1 (1,2,19,49,3) = 1 (1,1,20,49,3) = 1$$

$$(1,2,21,49,3) = 1 (1,3,22,49,3) = 1 (1,1,23,49,3) = 1 (1,1,24,49,3) = 1$$

Recurso 50: $(1,3,1,50,3) = 1 (1,3,2,50,3) = 1 (1,1,3,50,3) = 1 (2,2,4,50,3) = 1 (2,2,5,50,3) = 1$

$$(2,3,6,50,3) = 1 (1,2,7,50,3) = 1 (1,2,8,50,3) = 1 (2,2,9,50,3) = 1 (1,1,10,50,3) = 1$$

$$(1,2,11,50,3) = 1 (1,3,12,50,3) = 1 (1,3,13,50,3) = 1 (1,1,14,50,3) = 1 (1,2,15,50,3) = 1$$

$$(1,3,16,50,3) = 1 (1,3,17,50,3) = 1 (1,1,18,50,3) = 1 (1,3,19,50,3) = 1 (1,3,20,50,3) = 1$$

$$(1,1,21,50,3) = 1 (1,2,22,50,3) = 1 (1,2,23,50,3) = 1 (1,2,24,50,3) = 1$$

Recurso 51: $(8,1,1,51,3) = 1 (1,1,2,51,3) = 1 (1,3,3,51,3) = 1 (5,3,4,51,3) = 1 (1,3,5,51,3) = 1$

$$(2,1,6,51,3) = 1 (6,1,7,51,3) = 1 (5,3,8,51,3) = 1 (1,3,9,51,3) = 1 (1,2,10,51,3) = 1$$

$$(1,3,11,51,3) = 1 (1,3,12,51,3) = 1 (1,3,13,51,3) = 1 (1,2,14,51,3) = 1 (1,3,15,51,3) = 1$$

$$(1,2,16,51,3) = 1 (2,3,17,51,3) = 1 (2,3,18,51,3) = 1 (1,3,19,51,3) = 1 (1,3,20,51,3) = 1$$

$$(1,3,21,51,3) = 1 (8,1,22,51,3) = 1 (1,3,23,51,3) = 1 (1,2,24,51,3) = 1$$

Recurso 52: $(8,1,1,52,3) = 1 (8,1,2,52,3) = 1 (1,2,3,52,3) = 1 (1,3,4,52,3) = 1 (3,3,5,52,3) = 1$

$$(1,2,6,52,3) = 1 (1,1,7,52,3) = 1 (1,3,8,52,3) = 1 (3,2,9,52,3) = 1 (1,2,10,52,3) = 1$$

$$(1,2,11,52,3) = 1 (1,2,12,52,3) = 1 (2,3,13,52,3) = 1 (3,3,14,52,3) = 1 (1,3,15,52,3) = 1$$

$$(1,3,16,52,3) = 1 (1,1,17,52,3) = 1 (1,2,18,52,3) = 1 (1,3,19,52,3) = 1 (3,3,20,52,3) = 1$$

$$(1,3,21,52,3) = 1 (1,3,22,52,3) = 1 (3,3,23,52,3) = 1 (1,1,24,52,3) = 1$$

Recurso 53: $(1,2,1,53,3) = 1 (1,3,2,53,3) = 1 (1,2,3,53,3) = 1 (2,2,4,53,3) = 1 (1,2,5,53,3) = 1$

$$(2,2,6,53,3) = 1 (2,2,7,53,3) = 1 (1,2,8,53,3) = 1 (1,3,9,53,3) = 1 (1,2,10,53,3) = 1$$

$$(1,3,11,53,3) = 1 (1,3,12,53,3) = 1 (1,3,13,53,3) = 1 (1,2,14,53,3) = 1 (1,3,15,53,3) = 1$$

$$(1,1,16,53,3) = 1 (1,3,17,53,3) = 1 (1,2,18,53,3) = 1 (1,3,19,53,3) = 1 (1,1,20,53,3) = 1$$

$$(1,1,21,53,3) = 1 (8,1,22,53,3) = 1 (1,2,23,53,3) = 1 (2,2,24,53,3) = 1$$

Recurso 54: $(1,3,1,54,3) = 1 (1,2,2,54,3) = 1 (1,2,3,54,3) = 1 (1,1,4,54,3) = 1 (1,2,5,54,3) = 1$

$$\begin{aligned}
 (2,3,6,54,3) &= 1 \quad (1,3,7,54,3) = 1 \quad (1,3,8,54,3) = 1 \quad (1,3,9,54,3) = 1 \quad (1,3,10,54,3) = 1 \\
 (1,3,11,54,3) &= 1 \quad (1,1,12,54,3) = 1 \quad (8,1,13,54,3) = 1 \quad (1,3,14,54,3) = 1 \quad (1,2,15,54,3) = 1 \\
 (1,3,16,54,3) &= 1 \quad (5,2,17,54,3) = 1 \quad (1,1,18,54,3) = 1 \quad (1,2,19,54,3) = 1 \quad (1,2,20,54,3) = 1 \\
 (1,2,21,54,3) &= 1 \quad (1,1,22,54,3) = 1 \quad (7,3,23,54,3) = 1 \quad (1,1,24,54,3) = 1
 \end{aligned}$$

Recurso 55:

$$\begin{aligned}
 (1,1,1,55,3) &= 1 \quad (1,2,2,55,3) = 1 \quad (1,2,3,55,3) = 1 \quad (1,2,4,55,3) = 1 \quad (1,2,5,55,3) = 1 \\
 (1,2,6,55,3) &= 1 \quad (1,3,7,55,3) = 1 \quad (1,1,8,55,3) = 1 \quad (1,2,9,55,3) = 1 \quad (1,2,10,55,3) = 1 \\
 (1,2,11,55,3) &= 1 \quad (1,2,12,55,3) = 1 \quad (1,2,13,55,3) = 1 \quad (1,1,14,55,3) = 1 \quad (1,3,15,55,3) = 1 \\
 (1,3,16,55,3) &= 1 \quad (1,2,17,55,3) = 1 \quad (1,1,18,55,3) = 1 \quad (1,2,19,55,3) = 1 \quad (1,2,20,55,3) = 1 \\
 (1,3,21,55,3) &= 1 \quad (1,2,22,55,3) = 1 \quad (1,2,23,55,3) = 1 \quad (1,1,24,55,3) = 1
 \end{aligned}$$

Recurso 56:

$$\begin{aligned}
 (1,3,1,56,3) &= 1 \quad (1,3,2,56,3) = 1 \quad (1,2,3,56,3) = 1 \quad (1,3,4,56,3) = 1 \quad (1,3,5,56,3) = 1 \\
 (1,1,6,56,3) &= 1 \quad (1,1,7,56,3) = 1 \quad (1,3,8,56,3) = 1 \quad (2,3,9,56,3) = 1 \quad (1,3,10,56,3) = 1 \\
 (1,3,11,56,3) &= 1 \quad (1,3,12,56,3) = 1 \quad (1,3,13,56,3) = 1 \quad (1,3,14,56,3) = 1 \quad (1,2,15,56,3) = 1 \\
 (1,2,16,56,3) &= 1 \quad (1,2,17,56,3) = 1 \quad (1,3,18,56,3) = 1 \quad (1,2,19,56,3) = 1 \quad (1,2,20,56,3) = 1 \\
 (1,2,21,56,3) &= 1 \quad (1,2,22,56,3) = 1 \quad (1,2,23,56,3) = 1 \quad (1,2,24,56,3) = 1
 \end{aligned}$$

Recurso 57:

$$\begin{aligned}
 (1,3,1,57,3) &= 1 \quad (8,1,2,57,3) = 1 \quad (4,2,3,57,3) = 1 \quad (1,2,4,57,3) = 1 \quad (1,3,5,57,3) = 1 \\
 (1,3,6,57,3) &= 1 \quad (8,3,7,57,3) = 1 \quad (1,2,8,57,3) = 1 \quad (1,2,9,57,3) = 1 \quad (1,3,10,57,3) = 1 \\
 (1,1,11,57,3) &= 1 \quad (8,1,12,57,3) = 1 \quad (2,2,13,57,3) = 1 \quad (1,3,14,57,3) = 1 \quad (1,3,15,57,3) = 1 \\
 (1,2,16,57,3) &= 1 \quad (1,3,17,57,3) = 1 \quad (8,1,18,57,3) = 1 \quad (1,2,19,57,3) = 1 \quad (8,1,20,57,3) = 1 \\
 (1,2,21,57,3) &= 1 \quad (1,3,22,57,3) = 1 \quad (1,3,23,57,3) = 1 \quad (1,1,24,57,3) = 1
 \end{aligned}$$

Recurso 58:

$$\begin{aligned}
 (1,2,1,58,3) &= 1 \quad (1,2,2,58,3) = 1 \quad (1,2,3,58,3) = 1 \quad (1,2,4,58,3) = 1 \quad (1,2,5,58,3) = 1 \\
 (1,2,6,58,3) &= 1 \quad (1,2,7,58,3) = 1 \quad (1,2,8,58,3) = 1 \quad (1,2,9,58,3) = 1
 \end{aligned}$$

Recurso 59:

$$\begin{aligned}
 (1,2,1,59,3) &= 1 \quad (1,2,2,59,3) = 1 \quad (1,2,3,59,3) = 1 \quad (1,2,4,59,3) = 1 \quad (1,2,5,59,3) = 1 \\
 (1,2,6,59,3) &= 1 \quad (1,2,7,59,3) = 1 \quad (1,2,8,59,3) = 1 \quad (1,2,9,59,3) = 1
 \end{aligned}$$

Flujos de autoevacuación**Tabla 25.***Flujos de autoevacuación por zona y periodo, $f_{\theta,m}$*

	Cuatrimestre 1	Cuatrimestre 2	Cuatrimestre 3
Noreste	0	0	595
Noroeste	0	0	125
Sur	0	0	0

Flujo de personas que evacúan**Tabla 26.***Flujo de personas que recorren cada arco β ($a \rightarrow b$), $f_{\beta,m}$* Cuatrimestre 1

$(1,1,1) = 354.813$

$(1,2,1) = 374.695$

$(1,3,1) = 341.422$

Cuatrimestre 2

$(1,1,2) = 295.030$

$(1,2,2) = 327.300$

$(1,3,2) = 406.670$

Cuatrimestre 3

$(1,1,3) = 7.820$

$(1,2,3) = 1.069.729$

$(1,3,3) = 7.260$

Flujo de población en cada ruta**Tabla 27.***Flujo de personas que recorren cada arco γ ($b \rightarrow c$) de cada recurso utilizado, $f_{\gamma,m}^{ki}$* Cuatrimestre 1**Recurso 1**

-

Recurso 2

$(2,6,1,2,1) = 1500$

Recurso 3

$$(3,1,1,3,1) = 1500$$

Recurso 4

$$(1,5,1,4,1) = 1500$$

$$(2,2,3,4,1) = 1500$$

$$(1,6,4,4,1) = 1500$$

$$(1,3,5,4,1) = 1500$$

$$(3,5,6,4,1) = 1500$$

$$(1,7,7,4,1) = 1500$$

$$(3,2,8,4,1) = 1500$$

$$(1,4,9,4,1) = 1500$$

$$(1,5,10,4,1) = 1500$$

$$(2,6,11,4,1) = 1500$$

$$(3,2,12,4,1) = 1500$$

$$(3,4,13,4,1) = 1500$$

$$(1,7,14,4,1) = 1500$$

$$(1,4,15,4,1) = 1500$$

Recurso 5

$$(2,6,1,5,1) = 1500$$

Recurso 6

$$(1,5,1,6,1) = 1500$$

$$(3,6,4,6,1) = 1500$$

$$(1,6,5,6,1) = 1500$$

$$(3,6,6,6,1) = 1500$$

$$(1,5,7,6,1) = 1500$$

$$(2,8,8,6,1) = 1500$$

Recurso 7

$$(3,2,1,7,1) = 1500$$

$$(3,3,4,7,1) = 1500$$

$$(2,2,5,7,1) = 1500$$

$$(2,7,6,7,1) = 1500$$

Recurso 8

$$(1,4,1,8,1) = 1500$$

Recurso 9

$$(2,6,1,9,1) = 1500$$

$$(3,6,4,9,1) = 1481$$

$$(2,7,5,9,1) = 1481$$

$$(1,8,6,9,1) = 1481$$

$$(2,4,7,9,1) = 1481$$

$$(1,3,8,9,1) = 1481$$

$$(2,1,9,9,1) = 1481$$

$$(3,8,10,9,1) = 1481$$

$$(2,4,11,9,1) = 1481$$

$$(2,6,12,9,1) = 1481$$

$$(1,7,13,9,1) = 1481$$

Recurso 10

$$(2,7,1,10,1) = 1500$$

Recurso 11

$$(3,4,1,11,1) = 1500$$

Recurso 12

$$(2,3,1,12,1) = 1500$$

Recurso 13

$$(3,5,1,13,1) = 1500$$

$$(2,8,3,13,1) = 1500$$

$$(3,7,4,13,1) = 1500$$

$$(2,8,5,13,1) = 1500$$

Recurso 14

$$(1,1,1,14,1) = 1500$$

Recurso 15

$$(1,5,1,15,1) = 1290$$

$$(1,1,4,15,1) = 1290$$

Recurso 16

$$(3,5,1,16,1) = 1290$$

Recurso 17

$$(1,5,1,17,1) = 1290$$

$$(2,6,4,17,1) = 1290$$

$$(3,4,5,17,1) = 1290$$

Recurso 18

$$(2,6,1,18,1) = 1290$$

$$(3,5,2,18,1) = 1290$$

$$(1,7,4,18,1) = 1290$$

Recurso 19

$$(1,4,1,19,1) = 1290$$

Recurso 20

$$(2,6,1,20,1) = 1290$$

Recurso 21

$$(2,6,1,21,1) = 1290$$

Recurso 22

$$(1,5,1,22,1) = 1290$$

Recurso 23

$$(2,6,1,23,1) = 1290$$

$$(3,5,2,23,1) = 1290$$

$$(1,5,4,23,1) = 1290$$

Recurso 24

$$(3,6,1,24,1) = 1290$$

Recurso 25

$$(2,6,1,25,1) = 1290$$

$$(2,2,2,25,1) = 1290$$

Recurso 26

$$(2,1,1,26,1) = 1290$$

$$(2,2,2,26,1) = 1290$$

Recurso 27

$$(3,7,1,27,1) = 1290$$

Recurso 28

$$(1,8,1,30,1) = 1290$$

Recurso 29

$$(1,6,1,28,1) = 1290$$

Recurso 30

$$(2,7,1,30,1) = 3600$$

$$(:, :, 2, 30, 1) = 0$$

$$(:, :, 3, 30, 1) = 0$$

$$(1,6,4,30,1) = 3600$$

$$(1,6,5,30,1) = 3600$$

$$(3,8,6,30,1) = 3600$$

$$(2,1,7,30,1) = 3600$$

$$(2,7,8,30,1) = 3600$$

$$(1,1,9,30,1) = 3600$$

$$(3,2,10,30,1) = 3600$$

$$(2,6,11,30,1) = 3600$$

$$(2,6,12,30,1) = 3600$$

$$(1,4,13,30,1) = 3600$$

$$(3,7,14,30,1) = 3600$$

$$(3,2,15,30,1) = 3600$$

$$(1,1,16,30,1) = 3600$$

$$(3,2,17,30,1) = 3600$$

$$(1,1,18,30,1) = 3600$$

$$(3,4,19,30,1) = 3600$$

$$(1,1,20,30,1) = 3600$$

$$(2,7,21,30,1) = 3600$$

$$(2,2,22,30,1) = 3600$$

Recurso 31

$$(1,8,1,31,1) = 3600$$

$$(:, :, 2, 31, 1) = 0$$

$$(:, :, 3, 31, 1) = 0$$

$$(3,1,4,31,1) = 3600$$

$$(2,7,5,31,1) = 3600$$

$$(2,2,6,31,1) = 3600$$

$$(2,6,7,31,1) = 3600$$

$$(1,2,8,31,1) = 3600$$

$$(3,1,9,31,1) = 3600$$

$$(3,5,10,31,1) = 3600$$

$$(1,5,11,31,1) = 3600$$

$$(3,7,12,31,1) = 3600$$

$$(3,2,13,31,1) = 3600$$

$$(1,2,14,31,1) = 3600$$

$$(3,2,15,31,1) = 3600$$

$$(3,2,16,31,1) = 3600$$

$$(1,7,17,31,1) = 3600$$

$$(1,1,18,31,1) = 3600$$

$$(1,6,19,31,1) = 3600$$

$$(1,4,20,31,1) = 3600$$

$$(3,4,21,31,1) = 3600$$

$$(1,1,22,31,1) = 3600$$

$$(2,2,23,31,1) = 3600$$

$$(1,6,24,31,1) = 3600$$

Recurso 32

$$(1,7,1,32,1) = 3600$$

$$(:, :, 2, 32, 1) = 0$$

$$(:, :, 3, 32, 1) = 0$$

$$(1,3,4,32,1) = 3600$$

$$(1,3,5,32,1) = 3600$$

$$(1,3,6,32,1) = 3600$$

$$(2,6,7,32,1) = 3600$$

$$(3,6,8,32,1) = 3600$$

$$(3,5,9,32,1) = 3600$$

$$(1,8,10,32,1) = 3600$$

$$(2,1,11,32,1) = 3600$$

$$(1,2,12,32,1) = 3600$$

$$(1,7,13,32,1) = 3600$$

$$(1,7,14,32,1) = 3600$$

$$(1,2,15,32,1) = 3600$$

$$(2,6,16,32,1) = 3600$$

$$(2,6,17,32,1) = 3600$$

$$(1,7,18,32,1) = 3600$$

$$(2,3,19,32,1) = 3600$$

$$(2,2,20,32,1) = 3600$$

$$(1,6,21,32,1) = 3600$$

$$(3,1,22,32,1) = 3600$$

$$(1,8,23,32,1) = 3600$$

$$(1,3,24,32,1) = 3600$$

Recurso 33

$(1,3,1,33,1) = 3600$	$(::,2,33,1) = 0$	$(:,3,33,1) = 0$
$(2,2,4,33,1) = 3600$	$(1,6,5,33,1) = 3600$	$(3,3,6,33,1) = 3600$
$(2,4,7,33,1) = 3600$	$(3,2,8,33,1) = 3600$	$(1,5,9,33,1) = 3600$
$(1,3,10,33,1) = 3600$	$(3,3,11,33,1) = 3600$	$(2,6,12,33,1) = 3600$
$(2,1,13,33,1) = 3600$	$(1,2,14,33,1) = 3600$	$(2,8,15,33,1) = 3600$
$(2,8,16,33,1) = 3600$	$(3,4,17,33,1) = 3600$	$(2,8,18,33,1) = 3600$
$(1,1,19,33,1) = 3600$	$(3,7,20,33,1) = 3600$	$(3,4,21,33,1) = 3600$
$(2,8,22,33,1) = 3600$	$(2,7,23,33,1) = 3600$	$(3,1,24,33,1) = 3600$

Recurso 34

$(2,2,1,34,1) = 3600$	$(::,2,34,1) = 0$	$(1,4,3,34,1) = 3600$
$(1,6,4,34,1) = 3600$	$(1,1,5,34,1) = 3600$	$(1,8,6,34,1) = 3600$
$(3,1,7,34,1) = 3600$	$(1,5,8,34,1) = 3600$	$(3,3,9,34,1) = 3600$
$(3,3,10,34,1) = 3600$	$(2,4,11,34,1) = 3600$	$(2,4,12,34,1) = 3600$
$(2,6,13,34,1) = 3600$	$(2,4,14,34,1) = 3600$	$(2,1,15,34,1) = 3600$
$(2,1,16,34,1) = 3600$	$(1,2,17,34,1) = 3600$	$(3,2,18,34,1) = 3600$
$(3,4,19,34,1) = 3600$	$(3,4,20,34,1) = 3600$	$(2,5,21,34,1) = 3600$
$(3,1,22,34,1) = 3600$	$(2,7,23,34,1) = 3600$	$(1,6,24,34,1) = 3600$
$(1,1,25,34,1) = 3600$		

Recurso 35

$(3,8,1,35,1) = 3600$	$(::,2,35,1) = 0$	$(:,3,35,1) = 0$
$(2,5,4,35,1) = 3600$	$(1,3,5,35,1) = 3600$	$(1,3,6,35,1) = 3600$
$(2,2,7,35,1) = 3600$	$(2,4,8,35,1) = 3600$	$(3,8,9,35,1) = 3600$

$(1,8,10,35,1) = 3600$	$(3,8,11,35,1) = 3600$	$(1,5,12,35,1) = 3600$
$(3,8,13,35,1) = 3600$	$(3,5,14,35,1) = 3600$	$(1,7,15,35,1) = 3600$
$(2,3,16,35,1) = 3600$	$(3,5,17,35,1) = 3600$	$(3,2,18,35,1) = 3600$
$(2,8,19,35,1) = 3600$	$(1,4,20,35,1) = 3600$	$(2,3,21,35,1) = 3600$
$(2,5,22,35,1) = 3600$	$(2,8,23,35,1) = 3600$	$(2,2,24,35,1) = 3600$
$(3,1,25,35,1) = 3600$		

Recurso 36

$(2,2,1,36,1) = 3600$	$(::,2,36,1) = 0$	$(:,3,36,1) = 0$
$(2,2,4,36,1) = 3600$	$(2,2,5,36,1) = 3600$	$(2,7,6,36,1) = 3600$
$(1,8,7,36,1) = 3600$	$(3,6,8,36,1) = 3600$	$(3,1,9,36,1) = 3600$
$(1,6,10,36,1) = 3600$	$(2,2,11,36,1) = 3600$	$(1,5,12,36,1) = 3600$
$(3,3,13,36,1) = 3600$	$(3,5,14,36,1) = 3600$	$(1,2,15,36,1) = 3600$
$(2,1,16,36,1) = 3600$	$(2,1,17,36,1) = 3600$	$(1,2,18,36,1) = 3600$
$(2,8,19,36,1) = 3600$	$(2,8,20,36,1) = 3600$	$(1,4,21,36,1) = 3600$
$(2,3,22,36,1) = 3600$	$(3,7,23,36,1) = 3600$	$(1,6,24,36,1) = 3600$
$(2,2,25,36,1) = 3600$		

Recurso 37

$(1,6,1,37,1) = 2660$	$(::,2,37,1) = 0$	$(:,3,37,1) = 0$
$(1,1,4,37,1) = 2660$	$(3,7,5,37,1) = 2660$	$(3,4,6,37,1) = 2660$
$(3,5,7,37,1) = 2660$	$(1,5,8,37,1) = 2660$	$(3,6,9,37,1) = 2660$
$(3,6,10,37,1) = 2660$	$(2,7,11,37,1) = 2660$	$(3,3,12,37,1) = 2660$
$(3,5,13,37,1) = 2660$	$(3,5,14,37,1) = 2660$	$(3,5,15,37,1) = 2660$

Recurso 38

$(3,2,1,38,1) = 2660$	$(::,2,38,1) = 0$	$(1,4,3,38,1) = 2660$
$(3,1,4,38,1) = 2660$	$(3,4,5,38,1) = 2660$	$(2,2,6,38,1) = 2660$
$(1,1,7,38,1) = 2660$	$(1,3,8,38,1) = 2660$	$(2,3,9,38,1) = 2660$
$(3,1,10,38,1) = 2660$	$(1,6,11,38,1) = 2660$	$(1,8,12,38,1) = 2660$
$(3,5,13,38,1) = 2660$	$(1,8,14,38,1) = 2660$	$(3,5,15,38,1) = 2660$
$(1,5,16,38,1) = 2660$	$(2,6,17,38,1) = 2660$	$(3,2,18,38,1) = 2660$
$(2,1,19,38,1) = 2660$	$(3,4,20,38,1) = 2660$	$(2,8,21,38,1) = 2660$
$(3,4,22,38,1) = 2660$	$(1,1,23,38,1) = 2660$	$(2,5,24,38,1) = 2660$

Recurso 39

$(2,4,1,39,1) = 2660$	$(::,2,39,1) = 0$	$(::,3,39,1) = 0$
$(2,3,4,39,1) = 2660$	$(2,5,5,39,1) = 2660$	$(3,7,6,39,1) = 2660$
$(2,6,7,39,1) = 2660$	$(1,4,8,39,1) = 2660$	$(1,6,9,39,1) = 2660$
$(2,5,10,39,1) = 2660$	$(2,2,11,39,1) = 2660$	$(3,8,12,39,1) = 2660$
$(3,6,13,39,1) = 2660$	$(1,5,14,39,1) = 2660$	$(1,5,15,39,1) = 2660$
$(2,6,16,39,1) = 2660$	$(1,2,17,39,1) = 2660$	$(1,2,18,39,1) = 2660$
$(1,2,19,39,1) = 2660$	$(3,7,20,39,1) = 2660$	$(3,4,21,39,1) = 2660$
$(2,8,22,39,1) = 2660$	$(3,4,23,39,1) = 2660$	

Recurso 40

$(2,2,1,40,1) = 2660$	$(::,2,40,1) = 0$	$(3,2,3,40,1) = 2660$
$(3,4,4,40,1) = 2660$	$(2,8,5,40,1) = 2660$	$(1,6,6,40,1) = 2660$
$(2,6,7,40,1) = 2660$	$(3,2,8,40,1) = 2660$	$(2,5,9,40,1) = 2660$

Recurso 41

$(2,2,1,41,1) = 2660$	$(\therefore, 2, 41, 1) = 0$	$(\therefore, 3, 41, 1) = 0$
$(3,4,4,41,1) = 2660$	$(1,7,5,41,1) = 2660$	$(3,4,6,41,1) = 2660$
$(2,3,7,41,1) = 2660$	$(3,7,8,41,1) = 2660$	$(2,8,9,41,1) = 2660$
$(3,1,10,41,1) = 2660$	$(2,5,11,41,1) = 2660$	$(1,3,12,41,1) = 2660$
$(1,3,13,41,1) = 2660$	$(2,2,14,41,1) = 2660$	$(3,6,15,41,1) = 2660$
$(2,1,16,41,1) = 2660$	$(2,4,17,41,1) = 2660$	$(1,2,18,41,1) = 2660$
$(1,7,19,41,1) = 2660$	$(2,3,20,41,1) = 2660$	$(1,2,21,41,1) = 2660$
$(2,3,22,41,1) = 2660$	$(1,2,23,41,1) = 2660$	

Recurso 42

$(2,8,1,42,1) = 300$	$(1,5,2,42,1) = 300$	$(\therefore, 3, 42, 1) = 0$
$(2,8,4,42,1) = 300$		

Recurso 43

$(2,3,1,43,1) = 300$	$(3,8,2,43,1) = 300$	$(\therefore, 3, 43, 1) = 0$
$(1,2,4,43,1) = 300$		

Recurso 44

$(3,1,1,44,1) = 300$	$(2,6,2,44,1) = 300$
----------------------	----------------------

Recurso 45

$(3,1,1,45,1) = 300$

Recurso 46

$(1,4,1,46,1) = 300$	$(3,3,2,46,1) = 300$
----------------------	----------------------

Recurso 47 -**Recurso 48** -

Recurso 49	-
Recurso 50	-
Recurso 51	-
Recurso 52	-
Recurso 53	-
Recurso 54	-
Recurso 55	-
Recurso 56	-
Recurso 57	-

Recurso 58

$(2,7,1,58,1) = 4000$	$(::,2,58,1) = 0$	$(3,6,3,58,1) = 4000$
$(3,6,4,58,1) = 4000$	$(2,5,5,58,1) = 4000$	$(1,8,6,58,1) = 3431$
$(2,7,7,58,1) = 4000$	$(1,8,8,58,1) = 4000$	$(1,4,9,58,1) = 4000$
$(2,4,10,58,1) = 4000$	$(1,5,11,58,1) = 4000$	$(3,8,12,58,1) = 4000$
$(1,5,13,58,1) = 4000$	$(3,5,14,58,1) = 4000$	$(1,5,15,58,1) = 4000$
$(3,5,16,58,1) = 4000$	$(1,4,17,58,1) = 4000$	$(3,4,18,58,1) = 4000$
$(3,7,19,58,1) = 4000$	$(3,4,20,58,1) = 4000$	$(3,1,21,58,1) = 4000$
$(3,6,22,58,1) = 4000$	$(3,6,23,58,1) = 4000$	$(2,7,24,58,1) = 4000$

Recurso 59

$(2,7,1,59,1) = 4000$	$(::,2,59,1) = 0$	$(::,3,59,1) = 0$
$(1,1,4,59,1) = 4000$	$(2,8,5,59,1) = 4000$	$(2,5,6,59,1) = 3431$
$(3,3,7,59,1) = 4000$	$(2,5,8,59,1) = 4000$	$(3,6,9,59,1) = 4000$
$(2,7,10,59,1) = 4000$	$(2,4,11,59,1) = 4000$	$(2,1,12,59,1) = 4000$

$$(2,1,13,59,1) = 4000$$

$$(1,5,14,59,1) = 4000$$

$$(3,7,15,59,1) = 4000$$

$$(2,6,16,59,1) = 4000$$

$$(2,8,17,59,1) = 4000$$

$$(3,2,18,59,1) = 4000$$

$$(1,1,19,59,1) = 4000$$

$$(3,4,20,59,1) = 4000$$

$$(3,7,21,59,1) = 4000$$

$$(2,2,22,59,1) = 4000$$

$$(1,4,23,59,1) = 4000$$

Cuatrimestre 2

Recurso 1

$$(2,2,1,1,2) = 1500$$

Recurso 2

$$(1,7,1,2,2) = 1500$$

Recurso 3

$$(3,3,1,3,2) = 1500$$

Recurso 4

$$(1,8,1,4,2) = 1500$$

$$(:, :, 2, 4, 2) = 0$$

$$(2,8,3,4,2) = 1500$$

Recurso 5

$$(1,5,1,5,2) = 1500$$

Recurso 6

$$(1,3,1,6,2) = 1500$$

Recurso 7

$$(1,4,1,7,2) = 1500$$

$$(:, :, 2, 7, 2) = 0$$

$$(:, :, 3, 7, 2) = 0$$

$$(3,4,4,7,2) = 1500$$

Recurso 8

$$(1,3,1,8,2) = 1500$$

$$(3,8,2,8,2) = 1500$$

$$(:, :, 3, 8, 2) = 0$$

$$(1,4,4,8,2) = 1500$$

$$(2,3,5,8,2) = 1500$$

Recurso 9

$(2,7,1,9,2) = 1500$

$(3,5,2,9,2) = 1500$

$(3,7,3,9,2) = 1500$

$(2,6,4,9,2) = 1500$

$(3,2,5,9,2) = 1500$

$(1,2,6,9,2) = 1500$

$(2,6,7,9,2) = 1500$

$(2,1,8,9,2) = 1500$

$(2,1,9,9,2) = 1500$

$(3,4,10,9,2) = 1500$

Recurso 10

$(2,7,1,10,2) = 1500$

$(3,8,2,10,2) = 1500$

$(:,3,10,2) = 0$

$(1,7,4,10,2) = 1500$

$(3,5,5,10,2) = 1500$

$(3,2,6,10,2) = 1500$

$(3,7,7,10,2) = 1500$

$(3,6,8,10,2) = 1500$

$(3,4,9,10,2) = 1500$

Recurso 11

$(3,1,1,11,2) = 1500$

$(3,3,2,11,2) = 1500$

Recurso 12

$(3,5,1,12,2) = 1500$

Recurso 13

$(2,3,1,13,2) = 1500$

$(3,8,2,13,2) = 1500$

Recurso 14

$(3,1,1,14,2) = 1500$

$(3,3,2,14,2) = 1500$

$(1,5,3,14,2) = 1500$

$(2,4,4,14,2) = 1500$

$(2,1,5,14,2) = 1500$

$(1,5,6,14,2) = 1500$

$(1,6,7,14,2) = 1500$

$(2,1,8,14,2) = 1500$

$(1,7,9,14,2) = 1500$

$(3,4,10,14,2) = 1500$

$(2,3,11,14,2) = 1500$

$(2,8,12,14,2) = 1500$

Recurso 15

$(2,4,1,15,2) = 1290$

Recurso 16

$$(3,8,1,16,2) = 1290$$

Recurso 17

$$(2,6,1,17,2) = 1500$$

$$(1,6,2,17,2) = 1500$$

Recurso 18

$$(1,8,1,18,2) = 1290$$

Recurso 19

$$(3,6,1,19,2) = 1290$$

Recurso 20

$$(1,2,1,20,2) = 1290$$

$$(:, :, 2, 20, 2) = 0$$

$$(:, :, 3, 20, 2) = 0$$

$$(1,8,4,20,2) = 1290$$

$$(2,7,5,20,2) = 1290$$

$$(2,7,6,20,2) = 1290$$

$$(1,5,7,20,2) = 1290$$

$$(2,7,8,20,2) = 1290$$

Recurso 21

$$(2,3,1,21,2) = 1290$$

Recurso 22

$$(3,5,1,22,2) = 1290$$

Recurso 23

$$(1,8,1,23,2) = 1290$$

$$(:, :, 2, 23, 2) = 0$$

$$(:, :, 3, 23, 2) = 0$$

$$(1,1,4,23,2) = 1290$$

Recurso 24

$$(1,2,1,24,2) = 1290$$

Recurso 25

$$(2,3,1,25,2) = 1290$$

Recurso 26

$$(2,4,1,26,2) = 1290$$

Recurso 27

$$(1,2,1,27,2) = 1290$$

Recurso 30

$$(2,4,1,30,2) = 1290$$

Recurso 29

$$(2,5,1,29,2) = 1290$$

Recurso 30

$$(1,8,1,30,2) = 3600$$

$$(:,,2,30,2) = 0$$

$$(:,,3,30,2) = 0$$

$$(2,3,4,30,2) = 3600$$

$$(1,7,5,30,2) = 3600$$

$$(2,3,6,30,2) = 3600$$

$$(2,6,7,30,2) = 3600$$

$$(3,5,8,30,2) = 3600$$

$$(2,2,9,30,2) = 3600$$

$$(3,6,10,30,2) = 3600$$

$$(2,5,11,30,2) = 3600$$

$$(3,8,12,30,2) = 3600$$

$$(3,1,13,30,2) = 3600$$

$$(1,5,14,30,2) = 3600$$

$$(3,3,15,30,2) = 3600$$

$$(1,2,16,30,2) = 3600$$

$$(3,8,17,30,2) = 3600$$

$$(3,8,18,30,2) = 3600$$

$$(2,4,19,30,2) = 3600$$

$$(2,6,20,30,2) = 3600$$

$$(2,1,21,30,2) = 3600$$

$$(1,7,22,30,2) = 3600$$

$$(1,4,23,30,2) = 3600$$

$$(3,4,24,30,2) = 3600$$

Recurso 31

$$(2,8,1,31,2) = 3600$$

$$(:,,2,31,2) = 0$$

$$(:,,3,31,2) = 0$$

$$(3,2,4,31,2) = 3600$$

$$(2,3,5,31,2) = 3600$$

$$(3,4,6,31,2) = 3600$$

$$(2,3,7,31,2) = 3600$$

$$(1,7,8,31,2) = 3600$$

$$(1,4,9,31,2) = 3600$$

$$(3,6,10,31,2) = 3600$$

$$(1,3,11,31,2) = 3600$$

$$(2,5,12,31,2) = 3600$$

$$(3,1,13,31,2) = 3600$$

$$(3,8,14,31,2) = 3600$$

$$(1,3,15,31,2) = 3600$$

$$(3,8,16,31,2) = 3600$$

$$(3,8,17,31,2) = 3600$$

$$(3,3,18,31,2) = 3600$$

$$(3,2,19,31,2) = 3600$$

$$(1,2,20,31,2) = 3600$$

$$(1,2,21,31,2) = 3600$$

$$(2,1,22,31,2) = 3600$$

$$(2,6,23,31,2) = 3600$$

$$(1,7,24,31,2) = 3600$$

Recurso 32

$$(3,3,1,32,2) = 3600$$

$$(2,3,2,32,2) = 3600$$

$$(:,,3,32,2) = 0$$

$$(3,5,4,32,2) = 3600$$

$$(3,7,5,32,2) = 3600$$

$$(2,3,6,32,2) = 3600$$

$$(3,8,7,32,2) = 3600$$

$$(1,1,8,32,2) = 3600$$

$$(2,8,9,32,2) = 3600$$

$$(3,1,10,32,2) = 3600$$

$$(3,1,11,32,2) = 3600$$

$$(3,1,12,32,2) = 3600$$

$$(2,2,13,32,2) = 3600$$

$$(3,3,14,32,2) = 3600$$

$$(2,2,15,32,2) = 3600$$

$$(2,7,16,32,2) = 3600$$

$$(1,8,17,32,2) = 3600$$

$$(2,6,18,32,2) = 3600$$

$$(1,5,19,32,2) = 3600$$

$$(1,2,20,32,2) = 3600$$

$$(1,2,21,32,2) = 3600$$

$$(2,8,22,32,2) = 3600$$

$$(2,8,23,32,2) = 3600$$

$$(3,2,24,32,2) = 3600$$

Recurso 33

$$(2,3,1,33,2) = 3600$$

$$(1,2,2,33,2) = 3600$$

$$(3,8,3,33,2) = 3600$$

$$(3,7,4,33,2) = 3600$$

$$(1,4,5,33,2) = 3600$$

$$(1,2,6,33,2) = 3600$$

$$(2,6,7,33,2) = 3600$$

$$(2,7,8,33,2) = 3600$$

$$(1,4,9,33,2) = 3600$$

$$(1,6,10,33,2) = 3600$$

$$(2,5,11,33,2) = 3600$$

$$(2,2,12,33,2) = 3600$$

$$(3,3,13,33,2) = 3600$$

$$(3,6,14,33,2) = 3600$$

$$(3,8,15,33,2) = 3600$$

$$(1,8,16,33,2) = 3600$$

$$(1,3,17,33,2) = 3600$$

$$(3,3,18,33,2) = 3600$$

$$(2,4,19,33,2) = 3600$$

$$(2,4,20,33,2) = 3600$$

$$(3,5,21,33,2) = 3600$$

$$(2,3,22,33,2) = 3600$$

$$(2,6,23,33,2) = 3600$$

$$(1,7,24,33,2) = 3600$$

Recurso 34

$$(3,3,1,34,2) = 3600$$

$$(3,8,2,34,2) = 3600$$

$$(3,8,3,34,2) = 3600$$

$(1,2,4,34,2) = 3600$	$(2,1,5,34,2) = 3600$	$(1,2,6,34,2) = 3600$
$(3,8,7,34,2) = 3600$	$(1,3,8,34,2) = 3600$	$(3,1,9,34,2) = 3600$
$(2,8,10,34,2) = 3600$	$(2,2,11,34,2) = 3600$	$(2,7,12,34,2) = 3600$
$(2,7,13,34,2) = 3600$	$(2,7,14,34,2) = 3600$	$(3,6,15,34,2) = 3600$
$(2,2,16,34,2) = 3600$	$(2,4,17,34,2) = 3600$	$(3,3,18,34,2) = 3600$
$(1,2,19,34,2) = 3600$	$(3,2,20,34,2) = 3600$	$(1,5,21,34,2) = 3600$
$(3,8,22,34,2) = 3600$	$(2,1,23,34,2) = 3600$	$(3,5,24,34,2) = 3600$

Recurso 35

$(3,7,1,35,2) = 3600$	$(3,5,2,35,2) = 3600$	$(:,3,35,2) = 0$
$(2,4,4,35,2) = 3600$	$(3,2,5,35,2) = 3600$	$(3,5,6,35,2) = 3600$
$(3,6,7,35,2) = 3600$	$(1,6,8,35,2) = 3600$	$(3,4,9,35,2) = 3600$
$(1,4,10,35,2) = 3600$	$(1,1,11,35,2) = 3600$	$(2,5,12,35,2) = 3600$
$(3,4,13,35,2) = 3600$	$(1,3,14,35,2) = 3600$	$(1,1,15,35,2) = 3600$
$(3,1,16,35,2) = 3600$	$(3,6,17,35,2) = 3600$	$(3,6,18,35,2) = 3600$
$(1,3,19,35,2) = 3600$	$(2,4,20,35,2) = 3600$	$(3,8,21,35,2) = 3600$
$(3,2,22,35,2) = 3600$	$(3,5,23,35,2) = 3600$	$(3,7,24,35,2) = 3600$

Recurso 36

$(3,2,1,36,2) = 3600$	$(3,3,2,36,2) = 3600$	$(1,2,3,36,2) = 3600$
$(2,6,4,36,2) = 3600$	$(3,2,5,36,2) = 3600$	$(2,3,6,36,2) = 3600$
$(2,3,7,36,2) = 3600$	$(1,3,8,36,2) = 3600$	$(1,3,9,36,2) = 3600$
$(2,5,10,36,2) = 3600$	$(2,8,11,36,2) = 3600$	$(3,6,12,36,2) = 3600$
$(3,1,13,36,2) = 3600$	$(2,2,14,36,2) = 3600$	$(2,2,15,36,2) = 3600$
$(1,1,16,36,2) = 3600$	$(2,4,17,36,2) = 3600$	$(1,3,18,36,2) = 3600$

$$(3,3,19,36,2) = 3600$$

$$(2,7,20,36,2) = 3600$$

$$(2,6,21,36,2) = 3600$$

$$(3,5,22,36,2) = 3600$$

$$(3,8,23,36,2) = 3600$$

$$(1,5,24,36,2) = 3600$$

Recurso 37

$$(1,4,1,37,2) = 2660$$

$$(3,8,2,37,2) = 2660$$

$$(:,,3,37,2) = 0$$

$$(3,3,4,37,2) = 2660$$

$$(3,2,5,37,2) = 2660$$

$$(3,5,6,37,2) = 2660$$

$$(3,2,7,37,2) = 2660$$

$$(1,7,8,37,2) = 2660$$

Recurso 38

$$(2,1,1,38,2) = 2660$$

$$(3,6,2,38,2) = 2660$$

$$(3,5,3,38,2) = 2660$$

$$(3,3,4,38,2) = 2660$$

Recurso 39

$$(1,1,1,39,2) = 2660$$

$$(3,3,2,39,2) = 2660$$

$$(3,5,3,39,2) = 2660$$

$$(1,5,4,39,2) = 2660$$

$$(1,8,5,39,2) = 2660$$

$$(1,2,6,39,2) = 2660$$

$$(2,6,7,39,2) = 2660$$

$$(3,1,8,39,2) = 2660$$

$$(3,7,9,39,2) = 2660$$

$$(2,6,10,39,2) = 2660$$

$$(3,7,11,39,2) = 2660$$

$$(2,8,12,39,2) = 2660$$

$$(2,5,13,39,2) = 2660$$

Recurso 40

$$(2,4,1,40,2) = 2660$$

$$(3,3,2,40,2) = 2660$$

$$(2,2,3,40,2) = 2660$$

$$(3,5,4,40,2) = 2660$$

$$(2,4,5,40,2) = 2660$$

$$(1,2,6,40,2) = 2660$$

$$(2,1,7,40,2) = 2660$$

$$(2,3,8,40,2) = 2660$$

$$(1,4,9,40,2) = 2660$$

$$(1,7,10,40,2) = 2660$$

$$(1,4,11,40,2) = 2660$$

$$(2,6,12,40,2) = 2660$$

$$(2,4,13,40,2) = 2660$$

$$(3,4,14,40,2) = 2660$$

$$(2,8,15,40,2) = 2660$$

$$(2,8,16,40,2) = 2660$$

$$(3,6,17,40,2) = 2660$$

$$(2,2,18,40,2) = 2660$$

$$(1,8,19,40,2) = 2660$$

$$(1,3,20,40,2) = 2660$$

$$(3,8,21,40,2) = 2660$$

$$(2,1,22,40,2) = 2660$$

$$(3,5,23,40,2) = 2660$$

$$(2,6,24,40,2) = 2660$$

Recurso 41

$$(3,5,1,41,2) = 2660$$

$$(2,4,2,41,2) = 2660$$

$$(2,2,3,41,2) = 2660$$

$$(2,2,4,41,2) = 2660$$

$$(3,3,5,41,2) = 2660$$

$$(2,6,6,41,2) = 2660$$

$$(3,3,7,41,2) = 2660$$

$$(3,4,8,41,2) = 2660$$

$$(3,1,9,41,2) = 2660$$

Recurso 42

$$(1,5,1,42,2) = 300$$

Recurso 43

$$(1,4,1,43,2) = 300$$

Recurso 44

$$(2,7,1,44,2) = 300$$

Recurso 45

$$(1,5,1,45,2) = 300$$

Recurso 46

$$(3,2,1,46,2) = 300$$

Recurso 47 -**Recurso 48** -**Recurso 49** -**Recurso 50** -**Recurso 51** -**Recurso 52** -**Recurso 53** -**Recurso 54** -

Recurso 55 -

Recurso 56 -

Recurso 57 -

Recurso 58

$(2,4,1,58,2) = 4000$ $(1,5,2,58,2) = 4000$ $(3,8,3,58,2) = 4000$

$(3,7,4,58,2) = 4000$ $(3,7,5,58,2) = 4000$ $(2,3,6,58,2) = 4000$

$(1,2,7,58,2) = 4000$ $(3,5,8,58,2) = 4000$ $(3,4,9,58,2) = 4000$

$(1,6,10,58,2) = 4000$ $(2,2,11,58,2) = 4000$ $(3,6,12,58,2) = 4000$

$(2,5,13,58,2) = 4000$ $(3,3,14,58,2) = 4000$ $(3,8,15,58,2) = 4000$

$(2,7,16,58,2) = 4000$ $(3,8,17,58,2) = 4000$ $(3,3,18,58,2) = 4000$

$(2,1,19,58,2) = 4000$ $(3,3,20,58,2) = 4000$ $(1,2,21,58,2) = 4000$

$(1,7,22,58,2) = 4000$ $(3,7,23,58,2) = 4000$ $(2,1,24,58,2) = 4000$

Recurso 59

$(2,2,1,59,2) = 4000$ $(1,5,2,59,2) = 4000$ $(1,2,3,59,2) = 4000$

$(3,5,4,59,2) = 4000$ $(3,5,5,59,2) = 4000$ $(3,5,6,59,2) = 4000$

$(1,2,7,59,2) = 4000$ $(1,5,8,59,2) = 4000$ $(1,3,9,59,2) = 4000$

$(1,6,10,59,2) = 4000$ $(1,1,11,59,2) = 4000$ $(1,4,12,59,2) = 4000$

$(2,7,13,59,2) = 4000$ $(1,1,14,59,2) = 4000$ $(3,6,15,59,2) = 4000$

$(2,4,16,59,2) = 4000$ $(1,8,17,59,2) = 4000$ $(1,5,18,59,2) = 4000$

$(3,3,19,59,2) = 4000$ $(3,5,20,59,2) = 4000$ $(1,7,21,59,2) = 4000$

$(1,7,22,59,2) = 4000$ $(1,2,23,59,2) = 4000$ $(2,1,24,59,2) = 4000$

Cuatrimestre 3

Recurso 1

$$(2,1,1,1,3) = 1500$$

Recurso 2

$$(2,1,1,2,3) = 1500$$

Recurso 3

$$(2,1,1,3,3) = 1500 \qquad (2,1,2,3,3) = 1500$$

Recurso 4

$$(2,1,1,4,3) = 1500$$

Recurso 5

$$(2,1,1,5,3) = 1500$$

Recurso 6

$$(2,1,1,6,3) = 1500$$

Recurso 7

$$(2,1,1,7,3) = 1500 \qquad (2,1,2,7,3) = 1366$$

Recurso 8

$$(2,1,1,8,3) = 1500$$

Recurso 9

$$(2,1,1,9,3) = 1500$$

Recurso 10

$$(2,1,1,10,3) = 1500$$

Recurso 11

$$(2,1,1,11,3) = 1500$$

Recurso 12

$$(2,1,1,12,3) = 1500$$

Recurso 13

$$(2,1,1,13,3) = 1500$$

Recurso 14

$$(2,1,1,14,3) = 1500$$

Recurso 15

$$(2,1,1,15,3) = 1290$$

$$(2,1,2,15,3) = 1290$$

$$(2,1,3,15,3) = 1290$$

$$(2,1,4,15,3) = 1290$$

$$(2,1,5,15,3) = 1290$$

$$(2,1,6,15,3) = 1290$$

$$(2,1,7,15,3) = 1290$$

$$(2,1,8,15,3) = 1290$$

$$(2,1,9,15,3) = 1290$$

$$(2,1,10,15,3) = 1290$$

$$(2,1,11,15,3) = 1290$$

$$(2,1,12,15,3) = 1290$$

$$(2,1,13,15,3) = 1290$$

$$(2,1,14,15,3) = 1290$$

$$(2,1,15,15,3) = 1290$$

$$(2,1,16,15,3) = 1290$$

$$(2,1,17,15,3) = 1290$$

$$(2,1,18,15,3) = 1290$$

$$(2,1,19,15,3) = 1290$$

$$(2,1,20,15,3) = 1290$$

$$(2,1,21,15,3) = 1290$$

Recurso 16

$$(2,1,1,16,3) = 1290$$

$$(2,1,2,16,3) = 1290$$

$$(2,1,3,16,3) = 1290$$

$$(2,1,4,16,3) = 1290$$

$$(2,1,5,16,3) = 1290$$

$$(2,1,6,16,3) = 1290$$

$$(2,1,7,16,3) = 1290$$

$$(2,1,8,16,3) = 1290$$

$$(2,1,9,16,3) = 1290$$

$$(2,1,10,16,3) = 1290$$

$$(2,1,11,16,3) = 1290$$

$$(2,1,12,16,3) = 1290$$

$$(2,1,13,16,3) = 1290$$

$$(2,1,14,16,3) = 1290$$

$$(2,1,15,16,3) = 1290$$

$$(2,1,16,16,3) = 1290$$

$$(2,1,17,16,3) = 1290$$

$$(2,1,18,16,3) = 1290$$

$$(2,1,19,16,3) = 1290$$

$$(2,1,20,16,3) = 1290$$

$$(2,1,21,16,3) = 1290$$

$$(2,1,22,16,3) = 1290$$

Recurso 17

$(2,1,1,17,3) = 1290$	$(2,1,2,17,3) = 1290$	$(2,1,3,17,3) = 1290$
$(2,1,4,17,3) = 1290$	$(2,1,5,17,3) = 1290$	$(2,1,6,17,3) = 1290$
$(2,1,7,17,3) = 1290$	$(2,1,8,17,3) = 1290$	$(2,1,9,17,3) = 1290$
$(2,1,10,17,3) = 1290$	$(2,1,11,17,3) = 1290$	$(2,1,12,17,3) = 1290$
$(2,1,13,17,3) = 1290$	$(2,1,14,17,3) = 1290$	$(2,1,15,17,3) = 1290$
$(2,1,16,17,3) = 1290$	$(2,1,17,17,3) = 1290$	

Recurso 18

$(2,1,1,18,3) = 1290$	$(2,1,2,18,3) = 1290$	$(2,1,3,18,3) = 1290$
$(2,1,4,18,3) = 1290$	$(2,1,5,18,3) = 1290$	$(2,1,6,18,3) = 1290$

Recurso 19

$(2,1,1,19,3) = 1290$	$(2,1,2,19,3) = 1290$	$(2,1,3,19,3) = 1290$
$(2,1,4,19,3) = 1290$	$(2,1,5,19,3) = 1290$	$(2,1,6,19,3) = 1290$
$(2,1,7,19,3) = 1290$	$(2,1,8,19,3) = 1290$	$(2,1,9,19,3) = 1290$

Recurso 20

$(2,1,1,20,3) = 1290$	$(2,1,2,20,3) = 1290$	$(2,1,3,20,3) = 1290$
$(2,1,4,20,3) = 1290$	$(2,1,5,20,3) = 1290$	$(2,1,6,20,3) = 1290$
$(2,1,7,20,3) = 1290$	$(2,1,8,20,3) = 1290$	$(2,1,9,20,3) = 1290$

Recurso 21

$(2,1,1,21,3) = 1290$	$(2,1,2,21,3) = 1290$	$(2,1,3,21,3) = 1290$
$(2,1,4,21,3) = 1290$	$(2,1,5,21,3) = 1290$	$(2,1,6,21,3) = 1290$
$(2,1,7,21,3) = 1290$	$(2,1,8,21,3) = 1290$	$(2,1,9,21,3) = 1290$
$(2,1,10,21,3) = 1290$	$(2,1,11,21,3) = 1290$	$(2,1,12,21,3) = 1290$

$$(2,1,13,21,3) = 1290$$

$$(2,1,14,21,3) = 1290$$

$$(2,1,15,21,3) = 1290$$

$$(2,1,16,21,3) = 1290$$

$$(2,1,17,21,3) = 1290$$

$$(2,1,18,21,3) = 1290$$

$$(2,1,19,21,3) = 1290$$

$$(2,1,20,21,3) = 1290$$

$$(2,1,21,21,3) = 1290$$

$$(2,1,22,21,3) = 1290$$

$$(2,1,23,21,3) = 1290$$

$$(2,1,24,21,3) = 1290$$

$$(2,1,25,21,3) = 1290$$

Recurso 22

$$(2,1,1,22,3) = 1290$$

$$(2,1,2,22,3) = 1290$$

$$(2,1,3,22,3) = 1290$$

$$(2,1,4,22,3) = 1290$$

$$(2,1,5,22,3) = 1290$$

$$(2,1,6,22,3) = 1290$$

$$(2,1,7,22,3) = 1290$$

$$(2,1,8,22,3) = 1290$$

$$(2,1,9,22,3) = 1290$$

$$(2,1,10,22,3) = 1290$$

$$(2,1,11,22,3) = 1290$$

$$(2,1,12,22,3) = 1290$$

$$(2,1,13,22,3) = 1290$$

$$(2,1,14,22,3) = 1290$$

Recurso 23

$$(2,1,1,23,3) = 1290$$

$$(2,1,2,23,3) = 1290$$

$$(2,1,3,23,3) = 1290$$

$$(2,1,4,23,3) = 1290$$

$$(2,1,5,23,3) = 1290$$

$$(2,1,6,23,3) = 1290$$

$$(2,1,7,23,3) = 1290$$

$$(2,1,8,23,3) = 1290$$

$$(2,1,9,23,3) = 1290$$

$$(2,1,10,23,3) = 1290$$

$$(2,1,11,23,3) = 1290$$

$$(2,1,12,23,3) = 1290$$

$$(2,1,13,23,3) = 1290$$

$$(2,1,14,23,3) = 1290$$

$$(2,1,15,23,3) = 1290$$

$$(2,1,16,23,3) = 1290$$

$$(2,1,17,23,3) = 1290$$

$$(2,1,18,23,3) = 1290$$

Recurso 24

$$(2,1,1,24,3) = 1290$$

$$(2,1,2,24,3) = 1290$$

$$(2,1,3,24,3) = 1290$$

$$(2,1,4,24,3) = 1290$$

$$(2,1,5,24,3) = 1290$$

$$(2,1,6,24,3) = 1290$$

$$(2,1,7,24,3) = 1290$$

$$(2,1,8,24,3) = 1290$$

$$(2,1,9,24,3) = 1290$$

$$(2,1,10,24,3) = 1290$$

$$(2,1,11,24,3) = 1290$$

$$(2,1,12,24,3) = 1290$$

$$(2,1,13,24,3) = 1290$$

Recurso 25

$$(2,1,1,25,3) = 1290$$

$$(2,1,2,25,3) = 1290$$

$$(2,1,3,25,3) = 1290$$

$$(2,1,4,25,3) = 1290$$

$$(2,1,5,25,3) = 1290$$

$$(2,1,6,25,3) = 1290$$

$$(2,1,7,25,3) = 1290$$

$$(2,1,8,25,3) = 1290$$

$$(2,1,9,25,3) = 1290$$

$$(2,1,10,25,3) = 1290$$

$$(2,1,11,25,3) = 1290$$

Recurso 26

$$(2,1,1,26,3) = 1290$$

$$(2,1,2,26,3) = 1290$$

$$(2,1,3,26,3) = 1290$$

$$(2,1,4,26,3) = 1290$$

$$(2,1,5,26,3) = 1290$$

$$(2,1,6,26,3) = 1290$$

$$(2,1,7,26,3) = 1290$$

$$(2,1,8,26,3) = 1290$$

$$(2,1,9,26,3) = 1290$$

$$(2,1,10,26,3) = 1290$$

$$(2,1,11,26,3) = 1290$$

$$(2,1,12,26,3) = 1290$$

$$(2,1,13,26,3) = 1290$$

$$(2,1,14,26,3) = 1290$$

$$(2,1,15,26,3) = 1290$$

$$(2,1,16,26,3) = 1290$$

$$(2,1,17,26,3) = 1290$$

$$(2,1,18,26,3) = 1290$$

$$(2,1,19,26,3) = 1290$$

$$(2,1,20,26,3) = 1290$$

$$(2,1,21,26,3) = 1290$$

$$(2,1,22,26,3) = 1290$$

$$(2,1,23,26,3) = 1290$$

$$(2,1,24,26,3) = 1290$$

$$(2,1,25,26,3) = 1290$$

Recurso 27

$$(2,1,1,27,3) = 1290$$

$$(2,1,2,27,3) = 1290$$

$$(2,1,3,27,3) = 1290$$

$$(2,1,4,27,3) = 1290$$

$$(2,1,5,27,3) = 1290$$

$$(2,1,6,27,3) = 1290$$

$$(2,1,7,27,3) = 1290$$

$$(2,1,8,27,3) = 1290$$

$$(2,1,9,27,3) = 1290$$

$$(2,1,10,27,3) = 1290$$

$$(2,1,11,27,3) = 1290$$

$$(2,1,12,27,3) = 1290$$

$$(2,1,13,27,3) = 1290$$

$$(2,1,14,27,3) = 1290$$

$$(2,1,15,27,3) = 1290$$

$$(2,1,16,27,3) = 1290$$

$$(2,1,17,27,3) = 1290$$

Recurso 28

$(2,1,1,30,3) = 1290$	$(2,1,2,30,3) = 1290$	$(2,1,3,30,3) = 1290$
$(2,1,4,30,3) = 1290$	$(2,1,5,30,3) = 1290$	$(2,1,6,30,3) = 1290$
$(2,1,7,30,3) = 1290$	$(2,1,8,30,3) = 1290$	$(2,1,9,30,3) = 1290$
$(2,1,10,30,3) = 1290$	$(2,1,11,30,3) = 1290$	$(2,1,12,30,3) = 1290$
$(2,1,13,30,3) = 1290$	$(2,1,14,30,3) = 1290$	$(2,1,15,30,3) = 1290$
$(2,1,16,30,3) = 1290$	$(2,1,17,30,3) = 1290$	$(2,1,18,30,3) = 1290$
$(2,1,19,30,3) = 1290$	$(2,1,20,30,3) = 1290$	$(2,1,21,30,3) = 1290$

Recurso 29

$(2,1,1,29,3) = 1290$	$(2,1,2,29,3) = 1290$	$(2,1,3,29,3) = 1290$
$(2,1,4,29,3) = 1290$	$(2,1,5,29,3) = 1290$	$(2,1,6,29,3) = 1290$
$(2,1,7,29,3) = 1290$		

Recurso 30

$(2,1,1,30,3) = 3600$	$(2,1,2,30,3) = 3600$	$(2,1,3,30,3) = 3600$
$(2,1,4,30,3) = 3600$	$(2,1,5,30,3) = 3600$	$(2,1,6,30,3) = 3600$
$(2,1,7,30,3) = 3600$	$(2,1,8,30,3) = 3600$	$(2,1,9,30,3) = 3600$
$(2,1,10,30,3) = 3600$	$(2,1,11,30,3) = 3600$	$(2,1,12,30,3) = 3600$
$(2,1,13,30,3) = 3600$	$(2,1,14,30,3) = 3600$	$(2,1,15,30,3) = 3600$
$(2,1,16,30,3) = 3600$	$(2,1,16,30,3) = 3600$	

Recurso 31

$(2,1,1,31,3) = 3600$	$(2,1,2,31,3) = 3600$	$(2,1,3,31,3) = 3600$
$(2,1,4,31,3) = 3600$	$(2,1,5,31,3) = 3600$	$(2,1,6,31,3) = 3600$
$(2,1,7,31,3) = 3600$	$(2,1,8,31,3) = 3600$	$(2,1,9,31,3) = 3600$

$$(2,1,10,31,3) = 3600$$

$$(2,1,11,31,3) = 3600$$

$$(2,1,12,31,3) = 3600$$

$$(2,1,13,31,3) = 3600$$

$$(2,1,14,31,3) = 3600$$

$$(2,1,15,31,3) = 3600$$

$$(2,1,16,31,3) = 3600$$

Recurso 32

$$(2,1,1,32,3) = 3600$$

$$(2,1,2,32,3) = 3600$$

$$(2,1,3,32,3) = 3600$$

$$(2,1,4,32,3) = 3600$$

$$(2,1,5,32,3) = 3600$$

$$(2,1,6,32,3) = 3600$$

$$(2,1,7,32,3) = 3600$$

$$(2,1,8,32,3) = 3600$$

$$(2,1,9,32,3) = 3600$$

$$(2,1,10,32,3) = 3600$$

$$(2,1,11,32,3) = 3600$$

$$(2,1,12,32,3) = 3600$$

$$(2,1,13,32,3) = 3600$$

$$(2,1,14,32,3) = 3600$$

$$(2,1,15,32,3) = 3600$$

$$(2,1,16,32,3) = 3600$$

Recurso 33

$$(2,1,1,33,3) = 3600$$

$$(2,1,2,33,3) = 3600$$

$$(2,1,3,33,3) = 3600$$

$$(2,1,4,33,3) = 3600$$

$$(2,1,5,33,3) = 3600$$

$$(2,1,6,33,3) = 3600$$

$$(2,1,7,33,3) = 3600$$

$$(2,1,8,33,3) = 3600$$

$$(2,1,9,33,3) = 3600$$

$$(2,1,10,33,3) = 3600$$

$$(2,1,11,33,3) = 3600$$

$$(2,1,12,33,3) = 3600$$

$$(2,1,13,33,3) = 3600$$

$$(2,1,14,33,3) = 3600$$

$$(2,1,15,33,3) = 3600$$

$$(2,1,16,33,3) = 3600$$

Recurso 34

$$(2,1,1,34,3) = 3600$$

$$(2,1,2,34,3) = 3600$$

$$(2,1,3,34,3) = 3600$$

$$(2,1,4,34,3) = 3600$$

$$(2,1,5,34,3) = 3600$$

$$(2,1,6,34,3) = 3600$$

$$(2,1,7,34,3) = 3600$$

$$(2,1,8,34,3) = 3600$$

$$(2,1,9,34,3) = 3600$$

$$(2,1,10,34,3) = 3600$$

$$(2,1,11,34,3) = 3600$$

$$(2,1,12,34,3) = 3600$$

$$(2,1,13,34,3) = 3600$$

$$(2,1,14,34,3) = 3600$$

$$(2,1,15,34,3) = 3600$$

$$(2,1,16,34,3) = 3600$$

Recurso 35

$$(2,1,1,35,3) = 3600$$

$$(2,1,2,35,3) = 3600$$

$$(2,1,3,35,3) = 3600$$

$$(2,1,4,35,3) = 3600$$

$$(2,1,5,35,3) = 3600$$

$$(2,1,6,35,3) = 3600$$

$$(2,1,7,35,3) = 3600$$

$$(2,1,8,35,3) = 3600$$

$$(2,1,9,35,3) = 3600$$

$$(2,1,10,35,3) = 3600$$

$$(2,1,11,35,3) = 3600$$

$$(2,1,12,35,3) = 3600$$

$$(2,1,13,35,3) = 3600$$

$$(2,1,14,35,3) = 3600$$

$$(2,1,15,35,3) = 3600$$

$$(2,1,16,35,3) = 3600$$

Recurso 36

$$(2,1,1,36,3) = 3600$$

$$(2,1,2,36,3) = 3600$$

$$(2,1,3,36,3) = 3600$$

$$(2,1,4,36,3) = 3600$$

$$(2,1,5,36,3) = 3600$$

$$(2,1,6,36,3) = 3600$$

$$(2,1,7,36,3) = 3600$$

$$(2,1,8,36,3) = 3600$$

$$(2,1,9,36,3) = 3600$$

$$(2,1,10,36,3) = 3600$$

$$(2,1,11,36,3) = 3600$$

$$(2,1,12,36,3) = 3600$$

$$(2,1,13,36,3) = 3600$$

$$(2,1,14,36,3) = 3600$$

$$(2,1,15,36,3) = 3600$$

$$(2,1,16,36,3) = 3600$$

Recurso 37

$$(2,1,1,37,3) = 2660$$

$$(2,1,2,37,3) = 2660$$

$$(2,1,3,37,3) = 2660$$

$$(2,1,4,37,3) = 2660$$

$$(2,1,5,37,3) = 2660$$

$$(2,1,6,37,3) = 2660$$

$$(2,1,7,37,3) = 2660$$

$$(2,1,8,37,3) = 2660$$

$$(2,1,9,37,3) = 2660$$

$$(2,1,10,37,3) = 2660$$

$$(2,1,11,37,3) = 2660$$

$$(2,1,12,37,3) = 2660$$

$$(2,1,13,37,3) = 2660$$

$$(2,1,14,37,3) = 2660$$

$$(2,1,15,37,3) = 2660$$

$$(2,1,16,37,3) = 2660$$

$$(2,1,17,37,3) = 2660$$

Recurso 38

$(2,1,1,38,3) = 2660$	$(2,1,2,38,3) = 2660$	$(2,1,3,38,3) = 2660$
$(2,1,4,38,3) = 2660$	$(2,1,5,38,3) = 2660$	$(2,1,6,38,3) = 2660$
$(2,1,7,38,3) = 2660$	$(2,1,8,38,3) = 2660$	$(2,1,9,38,3) = 2660$
$(2,1,10,38,3) = 2660$	$(2,1,11,38,3) = 2660$	$(2,1,12,38,3) = 2660$
$(2,1,13,38,3) = 2660$	$(2,1,14,38,3) = 2660$	$(2,1,15,38,3) = 2660$
$(2,1,16,38,3) = 2660$	$(2,1,17,38,3) = 2660$	

Recurso 39

$(2,1,1,39,3) = 2660$	$(2,1,2,39,3) = 2660$	$(2,1,3,39,3) = 2660$
$(2,1,4,39,3) = 2660$	$(2,1,5,39,3) = 2660$	$(2,1,6,39,3) = 2660$
$(2,1,7,39,3) = 2660$	$(2,1,8,39,3) = 2660$	$(2,1,9,39,3) = 2660$
$(2,1,10,39,3) = 2660$	$(2,1,11,39,3) = 2660$	$(2,1,12,39,3) = 2660$
$(2,1,13,39,3) = 2660$	$(2,1,14,39,3) = 2660$	$(2,1,15,39,3) = 2660$
$(2,1,16,39,3) = 2660$	$(2,1,17,39,3) = 2660$	

Recurso 40

$(2,1,1,40,3) = 2660$	$(2,1,2,40,3) = 2660$	$(2,1,3,40,3) = 2660$
$(2,1,4,40,3) = 2660$	$(2,1,5,40,3) = 2660$	$(2,1,6,40,3) = 2660$
$(2,1,7,40,3) = 2660$	$(2,1,8,40,3) = 2660$	$(2,1,9,40,3) = 2660$
$(2,1,10,40,3) = 2660$	$(2,1,11,40,3) = 2660$	$(2,1,12,40,3) = 2660$
$(2,1,13,40,3) = 2660$	$(2,1,14,40,3) = 2660$	$(2,1,15,40,3) = 2660$
$(2,1,16,40,3) = 2660$	$(2,1,17,40,3) = 2660$	

Recurso 41

$(2,1,1,41,3) = 2660$	$(2,1,2,41,3) = 2660$	$(2,1,3,41,3) = 2660$
-----------------------	-----------------------	-----------------------

$$(2,1,4,41,3) = 2660$$

$$(2,1,5,41,3) = 2660$$

$$(2,1,6,41,3) = 2660$$

$$(2,1,7,41,3) = 2660$$

$$(2,1,8,41,3) = 2660$$

$$(2,1,9,41,3) = 2660$$

$$(2,1,10,41,3) = 2660$$

$$(2,1,11,41,3) = 2660$$

$$(2,1,12,41,3) = 2660$$

$$(2,1,13,41,3) = 2660$$

$$(2,1,14,41,3) = 2660$$

$$(2,1,15,41,3) = 2660$$

$$(2,1,16,41,3) = 2660$$

$$(2,1,17,41,3) = 2660$$

Recurso 42

$$(2,1,1,42,3) = 300$$

$$(2,1,2,42,3) = 300$$

$$(2,1,3,42,3) = 300$$

$$(2,1,4,42,3) = 300$$

$$(2,1,5,42,3) = 300$$

$$(2,1,6,42,3) = 300$$

$$(2,1,7,42,3) = 300$$

$$(2,1,8,42,3) = 300$$

$$(2,1,9,42,3) = 300$$

$$(3,2,10,42,3) = 300$$

$$(3,2,11,42,3) = 300$$

$$(3,1,12,42,3) = 300$$

$$(1,8,13,42,3) = 300$$

$$(1,1,14,42,3) = 300$$

$$(2,1,15,42,3) = 300$$

$$(2,1,16,42,3) = 300$$

$$(2,1,17,42,3) = 300$$

$$(2,1,18,42,3) = 300$$

$$(2,1,19,42,3) = 300$$

$$(2,1,20,42,3) = 300$$

$$(2,1,21,42,3) = 300$$

$$(2,1,22,42,3) = 300$$

$$(2,1,23,42,3) = 300$$

$$(2,1,24,42,3) = 300$$

$$(2,5,25,42,3) = 300$$

Recurso 43

$$(2,1,1,43,3) = 300$$

$$(2,1,2,43,3) = 300$$

$$(2,1,3,43,3) = 300$$

$$(2,1,4,43,3) = 300$$

$$(2,1,5,43,3) = 300$$

$$(2,1,6,43,3) = 300$$

$$(2,1,7,43,3) = 300$$

$$(2,1,8,43,3) = 300$$

$$(2,1,9,43,3) = 300$$

$$(2,1,10,43,3) = 300$$

$$(2,1,11,43,3) = 300$$

$$(2,1,12,43,3) = 300$$

$$(2,1,13,43,3) = 300$$

$$(2,1,14,43,3) = 300$$

$$(2,1,15,43,3) = 300$$

$$(2,1,16,43,3) = 300$$

$$(2,1,17,43,3) = 300$$

$$(2,1,18,43,3) = 300$$

$$(2,1,19,43,3) = 300$$

$$(2,1,20,43,3) = 300$$

$$(2,1,21,43,3) = 300$$

$$(2,1,22,43,3) = 300$$

$$(2,1,23,43,3) = 300$$

$$(2,1,24,43,3) = 300$$

$$(2,1,25,43,3) = 300$$

Recurso 44

$$(2,1,1,44,3) = 300$$

$$(2,1,2,44,3) = 300$$

$$(2,1,3,44,3) = 300$$

$$(2,1,4,44,3) = 300$$

$$(2,1,5,44,3) = 300$$

$$(2,1,6,44,3) = 300$$

$$(2,1,7,44,3) = 300$$

$$(2,1,8,44,3) = 300$$

$$(2,1,9,44,3) = 300$$

$$(2,1,10,44,3) = 300$$

$$(2,1,11,44,3) = 300$$

$$(2,1,12,44,3) = 300$$

$$(2,1,13,44,3) = 300$$

$$(2,1,14,44,3) = 300$$

$$(2,1,15,44,3) = 300$$

$$(2,1,16,44,3) = 300$$

$$(2,1,17,44,3) = 300$$

$$(2,1,18,44,3) = 300$$

$$(2,1,19,44,3) = 300$$

$$(2,1,20,44,3) = 300$$

$$(2,1,21,44,3) = 300$$

$$(3,1,22,44,3) = 300$$

$$(2,1,23,44,3) = 300$$

$$(2,1,24,44,3) = 300$$

$$(1,1,25,44,3) = 300$$

Recurso 45

$$(2,1,1,45,3) = 300$$

$$(3,1,2,45,3) = 300$$

$$(2,1,3,45,3) = 300$$

$$(2,1,4,45,3) = 300$$

$$(2,1,5,45,3) = 300$$

$$(2,1,6,45,3) = 300$$

$$(2,1,7,45,3) = 300$$

$$(1,8,8,45,3) = 300$$

$$(1,8,9,45,3) = 300$$

$$(1,8,10,45,3) = 300$$

$$(1,1,11,45,3) = 300$$

$$(2,1,12,45,3) = 293$$

$$(1,8,13,45,3) = 300$$

$$(1,8,14,45,3) = 300$$

$$(1,8,15,45,3) = 300$$

$$(1,8,16,45,3) = 300$$

$$(1,1,17,45,3) = 300$$

$$(2,1,18,45,3) = 300$$

$$(2,1,19,45,3) = 300$$

$$(2,1,20,45,3) = 300$$

$$(2,1,21,45,3) = 300$$

$$(3,1,22,45,3) = 300$$

$$(1,1,23,45,3) = 300$$

$$(3,1,24,45,3) = 300$$

$$(1,1,25,45,3) = 300$$

Recurso 46

$(3,1,1,46,3) = 300$	$(2,1,2,46,3) = 300$	$(2,1,3,46,3) = 300$
$(1,8,4,46,3) = 300$	$(2,1,5,46,3) = 300$	$(2,1,6,46,3) = 300$
$(2,1,7,46,3) = 300$	$(1,8,8,46,3) = 300$	$(1,8,9,46,3) = 300$
$(1,8,10,46,3) = 300$	$(2,1,11,46,3) = 300$	$(2,1,12,46,3) = 300$
$(2,1,13,46,3) = 300$	$(2,1,14,46,3) = 300$	$(2,1,15,46,3) = 300$
$(2,1,16,46,3) = 300$	$(2,1,17,46,3) = 300$	$(2,1,18,46,3) = 300$
$(2,1,19,46,3) = 300$	$(2,1,20,46,3) = 300$	$(2,1,21,46,3) = 300$
$(2,1,22,46,3) = 300$	$(2,1,23,46,3) = 300$	$(3,1,24,46,3) = 300$
$(1,3,25,46,3) = 300$		

Recurso 47

$(3,1,1,47,3) = 40$	$(2,1,2,47,3) = 40$	$(2,1,3,47,3) = 40$
$(1,1,4,47,3) = 40$	$(1,1,5,47,3) = 40$	$(2,1,6,47,3) = 40$
$(2,2,7,47,3) = 40$	$(2,1,8,47,3) = 40$	$(3,1,9,47,3) = 40$
$(2,1,10,47,3) = 40$	$(2,2,11,47,3) = 40$	$(2,1,12,47,3) = 40$
$(3,1,13,47,3) = 40$	$(3,1,14,47,3) = 40$	$(2,1,15,47,3) = 40$
$(3,1,16,47,3) = 40$	$(3,1,17,47,3) = 40$	$(1,1,18,47,3) = 40$
$(3,1,19,47,3) = 40$	$(3,1,20,47,3) = 40$	$(1,1,21,47,3) = 40$
$(2,2,22,47,3) = 40$	$(3,1,23,47,3) = 40$	$(1,1,24,47,3) = 40$
$(3,1,25,47,3) = 40$		

Recurso 48

$(2,1,1,48,3) = 40$	$(3,1,2,48,3) = 40$	$(3,1,3,48,3) = 40$
$(1,1,4,48,3) = 40$	$(2,1,5,48,3) = 40$	$(2,1,6,48,3) = 40$

$$(1,1,7,48,3) = 40$$

$$(1,1,8,48,3) = 40$$

$$(3,1,9,48,3) = 40$$

$$(3,1,10,48,3) = 40$$

$$(1,1,11,48,3) = 40$$

$$(2,1,12,48,3) = 40$$

$$(3,1,13,48,3) = 40$$

$$(2,1,14,48,3) = 40$$

$$(3,1,15,48,3) = 40$$

$$(3,1,16,48,3) = 40$$

$$(2,1,17,48,3) = 40$$

$$(3,1,18,48,3) = 40$$

$$(3,1,19,48,3) = 40$$

$$(2,1,20,48,3) = 40$$

$$(3,1,21,48,3) = 40$$

$$(3,1,22,48,3) = 40$$

$$(2,1,23,48,3) = 40$$

$$(2,1,24,48,3) = 40$$

$$(2,1,25,48,3) = 40$$

Recurso 49

$$(2,1,1,49,3) = 40$$

$$(3,1,2,49,3) = 40$$

$$(1,6,3,49,3) = 40$$

$$(3,1,4,49,3) = 40$$

$$(2,1,5,49,3) = 40$$

$$(3,1,6,49,3) = 40$$

$$(2,1,7,49,3) = 40$$

$$(2,1,8,49,3) = 40$$

$$(3,1,9,49,3) = 40$$

$$(2,1,10,49,3) = 40$$

$$(3,1,11,49,3) = 40$$

$$(2,1,12,49,3) = 40$$

$$(1,1,13,49,3) = 40$$

$$(1,1,14,49,3) = 40$$

$$(3,1,15,49,3) = 40$$

$$(2,1,16,49,3) = 40$$

$$(3,1,17,49,3) = 40$$

$$(3,1,18,49,3) = 40$$

$$(2,1,19,49,3) = 40$$

$$(2,1,20,49,3) = 40$$

$$(1,1,21,49,3) = 40$$

$$(2,1,22,49,3) = 40$$

$$(3,1,23,49,3) = 40$$

$$(1,1,24,49,3) = 40$$

$$(1,8,25,49,3) = 40$$

Recurso 50

$$(2,1,1,50,3) = 40$$

$$(3,1,2,50,3) = 40$$

$$(3,1,3,50,3) = 40$$

$$(2,2,4,50,3) = 40$$

$$(2,2,5,50,3) = 40$$

$$(2,2,6,50,3) = 40$$

$$(3,1,7,50,3) = 40$$

$$(2,1,8,50,3) = 40$$

$$(2,2,9,50,3) = 40$$

$$(2,1,10,50,3) = 40$$

$$(1,1,11,50,3) = 40$$

$$(2,1,12,50,3) = 40$$

$$(3,1,13,50,3) = 40$$

$$(3,1,14,50,3) = 40$$

$$(1,1,15,50,3) = 40$$

$(2,1,16,50,3) = 40$

$(3,1,17,50,3) = 40$

$(3,1,18,50,3) = 40$

$(1,1,19,50,3) = 40$

$(3,1,20,50,3) = 40$

$(3,1,21,50,3) = 40$

$(1,1,22,50,3) = 40$

$(2,1,23,50,3) = 40$

$(2,1,24,50,3) = 40$

$(2,1,25,50,3) = 40$

Recurso 51

$(1,8,1,51,3) = 40$

$(1,1,2,51,3) = 40$

$(1,1,3,51,3) = 40$

$(3,5,4,51,3) = 40$

$(3,1,5,51,3) = 40$

$(3,2,6,51,3) = 40$

$(1,6,7,51,3) = 40$

$(1,5,8,51,3) = 40$

$(3,1,9,51,3) = 40$

$(3,1,10,51,3) = 40$

$(2,1,11,51,3) = 40$

$(3,1,12,51,3) = 40$

$(3,1,13,51,3) = 40$

$(3,1,14,51,3) = 40$

$(2,1,15,51,3) = 40$

$(3,1,16,51,3) = 40$

$(2,2,17,51,3) = 40$

$(3,2,18,51,3) = 40$

$(3,1,19,51,3) = 40$

$(3,1,20,51,3) = 40$

$(3,1,21,51,3) = 40$

$(3,8,22,51,3) = 40$

$(1,1,23,51,3) = 40$

$(3,1,24,51,3) = 40$

$(2,1,25,51,3) = 40$

Recurso 52

$(2,8,1,52,3) = 40$

$(1,8,2,52,3) = 40$

$(1,1,3,52,3) = 40$

$(2,1,4,52,3) = 40$

$(3,3,5,52,3) = 40$

$(3,1,6,52,3) = 40$

$(2,1,7,52,3) = 40$

$(1,1,8,52,3) = 40$

$(3,3,9,52,3) = 40$

$(2,1,10,52,3) = 40$

$(2,1,11,52,3) = 40$

$(2,1,12,52,3) = 40$

$(2,2,13,52,3) = 40$

$(3,3,14,52,3) = 40$

$(3,1,15,52,3) = 40$

$(3,1,16,52,3) = 40$

$(3,1,17,52,3) = 40$

$(1,1,18,52,3) = 40$

$(2,1,19,52,3) = 40$

$(3,3,20,52,3) = 40$

$(3,1,21,52,3) = 40$

$(3,1,22,52,3) = 40$

$(3,3,23,52,3) = 40$

$(3,1,24,52,3) = 40$

$$(1,3,25,52,3) = 40$$

Recurso 53

$$(3,1,1,53,3) = 40$$

$$(2,1,2,53,3) = 40$$

$$(3,1,3,53,3) = 40$$

$$(2,2,4,53,3) = 40$$

$$(2,1,5,53,3) = 40$$

$$(2,2,6,53,3) = 40$$

$$(2,2,7,53,3) = 40$$

$$(2,1,8,53,3) = 40$$

$$(2,1,9,53,3) = 40$$

$$(3,1,10,53,3) = 40$$

$$(2,1,11,53,3) = 40$$

$$(3,1,12,53,3) = 40$$

$$(3,1,13,53,3) = 40$$

$$(3,1,14,53,3) = 40$$

$$(2,1,15,53,3) = 40$$

$$(3,1,16,53,3) = 40$$

$$(1,1,17,53,3) = 40$$

$$(3,1,18,53,3) = 40$$

$$(2,1,19,53,3) = 40$$

$$(3,1,20,53,3) = 40$$

$$(1,1,21,53,3) = 40$$

$$(1,8,22,53,3) = 40$$

$$(1,1,23,53,3) = 40$$

$$(2,2,24,53,3) = 40$$

$$(2,1,25,53,3) = 40$$

Recurso 54

$$(2,1,1,54,3) = 40$$

$$(3,1,2,54,3) = 40$$

$$(2,1,3,54,3) = 40$$

$$(2,1,4,54,3) = 40$$

$$(1,1,5,54,3) = 40$$

$$(2,2,6,54,3) = 40$$

$$(3,1,7,54,3) = 40$$

$$(3,1,8,54,3) = 40$$

$$(3,1,9,54,3) = 40$$

$$(3,1,10,54,3) = 40$$

$$(3,1,11,54,3) = 40$$

$$(3,1,12,54,3) = 40$$

$$(1,8,13,54,3) = 40$$

$$(1,1,14,54,3) = 40$$

$$(3,1,15,54,3) = 40$$

$$(2,1,16,54,3) = 40$$

$$(3,5,17,54,3) = 40$$

$$(2,1,18,54,3) = 40$$

$$(1,1,19,54,3) = 40$$

$$(2,1,20,54,3) = 40$$

$$(2,1,21,54,3) = 40$$

$$(2,1,22,54,3) = 40$$

$$(1,7,23,54,3) = 40$$

$$(3,1,24,54,3) = 40$$

$$(1,1,24,54,3) = 40$$

Recurso 55

$$(3,1,1,55,3) = 40$$

$$(1,1,2,55,3) = 40$$

$$(2,1,3,55,3) = 40$$

$(2,1,4,55,3) = 40$

$(2,1,5,55,3) = 40$

$(2,1,6,55,3) = 40$

$(2,1,7,55,3) = 40$

$(3,1,8,55,3) = 40$

$(1,1,9,55,3) = 40$

$(2,1,10,55,3) = 40$

$(2,1,11,55,3) = 40$

$(2,1,12,55,3) = 40$

$(2,1,13,55,3) = 40$

$(2,1,14,55,3) = 40$

$(1,1,15,55,3) = 40$

$(3,1,16,55,3) = 40$

$(3,1,17,55,3) = 40$

$(2,1,18,55,3) = 40$

$(1,1,19,55,3) = 40$

$(2,1,20,55,3) = 40$

$(2,1,21,55,3) = 40$

$(3,1,22,55,3) = 40$

$(2,1,23,55,3) = 40$

$(2,1,24,55,3) = 40$

$(1,1,25,55,3) = 40$

Recurso 56

$(3,1,1,56,3) = 40$

$(3,1,2,56,3) = 40$

$(3,1,3,56,3) = 40$

$(2,1,4,56,3) = 40$

$(3,1,5,56,3) = 40$

$(3,1,6,56,3) = 40$

$(1,1,7,56,3) = 40$

$(1,1,8,56,3) = 40$

$(3,2,9,56,3) = 40$

$(3,1,10,56,3) = 40$

$(3,1,11,56,3) = 40$

$(3,1,12,56,3) = 40$

$(3,1,13,56,3) = 40$

$(3,1,14,56,3) = 40$

$(3,1,15,56,3) = 40$

$(2,1,16,56,3) = 40$

$(2,1,17,56,3) = 40$

$(2,1,18,56,3) = 40$

$(3,1,19,56,3) = 40$

$(2,1,20,56,3) = 40$

$(2,1,21,56,3) = 40$

$(2,1,22,56,3) = 40$

$(2,1,23,56,3) = 40$

$(2,1,24,56,3) = 40$

$(2,1,25,56,3) = 40$

Recurso 57

$(3,1,1,57,3) = 40$

$(3,8,2,57,3) = 40$

$(1,4,3,57,3) = 40$

$(2,1,4,57,3) = 40$

$(2,1,5,57,3) = 40$

$(3,1,6,57,3) = 40$

$(3,8,7,57,3) = 40$

$(3,1,8,57,3) = 40$

$(2,1,9,57,3) = 40$

$(2,1,10,57,3) = 40$

$(3,1,11,57,3) = 40$

$(1,8,12,57,3) = 40$

$(1,2,13,57,3) = 40$	$(2,1,14,57,3) = 40$	$(3,1,15,57,3) = 40$
$(3,1,16,57,3) = 40$	$(2,1,17,57,3) = 40$	$(3,8,18,57,3) = 40$
$(1,1,19,57,3) = 40$	$(2,8,20,57,3) = 40$	$(1,1,21,57,3) = 40$
$(2,1,22,57,3) = 40$	$(3,1,23,57,3) = 40$	$(3,1,24,57,3) = 40$
$(1,1,25,57,3) = 40$		

Recurso 58

$(2,1,1,58,3) = 4000$	$(2,1,2,58,3) = 4000$	$(2,1,3,58,3) = 4000$
$(2,1,4,58,3) = 4000$	$(2,1,5,58,3) = 4000$	$(2,1,6,58,3) = 4000$
$(2,1,7,58,3) = 4000$	$(2,1,8,58,3) = 4000$	$(2,1,9,58,3) = 4000$
$(2,1,10,58,3) = 4000$		

Recurso 59

$(2,1,1,59,3) = 4000$	$(2,1,2,59,3) = 4000$	$(2,1,3,59,3) = 4000$
$(2,1,4,59,3) = 4000$	$(2,1,5,59,3) = 4000$	$(2,1,6,59,3) = 4000$
$(2,1,7,59,3) = 4000$	$(2,1,8,59,3) = 4000$	$(2,1,9,59,3) = 4000$
$(2,1,10,59,3) = 4000$		

Flujo de población evacuada**Tabla 28.**

Flujo de personas que recorren cada arco ζ ($c \rightarrow t$) por cada recurso, $f_{\zeta,m}$

Cuatrimestre 1

$(1,1) = 134.051$	$(2,1) = 167.570$	$(3,1) = 95.721$
$(4,1) = 137.522$	$(5,1) = 141.030$	$(6,1) = 153.502$
$(7,1) = 124.862$	$(8,1) = 116.672$	

Cuatrimestre 2

$(1,2) = 103.850$

$(2,2) = 153.050$

$(3,2) = 167.860$

$(4,2) = 112.210$

$(5,2) = 135.950$

$(6,2) = 109.590$

$(7,2) = 111.310$

$(8,2) = 135.180$

Cuatrimestre 3

$(1,3) = 1.078.309$

$(2,3) = 1.320$

$(3,3) = 540$

$(4,3) = 40$

$(5,3) = 420$

$(6,3) = 80$

$(7,3) = 40$

$(8,3) = 4.080$

ANEXO V. RESULTADOS DEL MODELO DE OPTIMIZACIÓN

Los resultados discutidos a continuación corresponden a la resolución del modelo cuando el parámetro de tiempo límite operativo (T_{limit}) ha sido establecido con un valor de 20.

A5.1. Resumen de resultados

Tabla 29.

Indicadores del proceso de resolución del modelo de optimización.

Indicador	Valor	Interpretación
Valor función objetivo	4,0656e+09	Valor total de la función objetivo planteada. Su magnitud elevada sugiere que la solución obtenida no es globalmente óptima.
Relative gap	0,0490	Indica la diferencia relativa entre la mejor solución entera encontrada y la cota inferior. El valor alto sugiere que hay margen de mejora.
Absolute gap	1,9931e+08	Diferencia absoluta entre la mejor solución entera y la mejor cota conocida. Refuerza la existencia de margen de mejora.
Número de soluciones factibles	1	Se encontró una única solución entera factible durante el proceso.
Nodos explorados	0	Número total de nodos visitados en el árbol de ramificación y acotación (<i>branch-and-bound</i>).
Violación de restricciones	9,0949e-13	Mínima La solución satisface todas las restricciones del modelo.

Algoritmo	highs	Algoritmo utilizado internamente por el solver.
Solver	intlinprog	Método utilizado para resolver el problema de programación entera mixta.
Mensaje del solver¹⁰⁶	<i>'Solver stopped prematurely. Integer feasible point found. Intlinprog stopped because it exceeded the time limit, options. MaxTime = 7200. The intcon variables are integer within tolerance, options. ConstraintTolerance = 1e-06.'</i>	El solver se detuvo al alcanzar el tiempo máximo de ejecución. La solución es factible pero no necesariamente óptima.

Conclusión: La ejecución del modelo ha permitido obtener una solución entera factible, con una violación de restricciones prácticamente inexistente. No obstante, debido al límite de tiempo configurado en el solver, no es posible asegurar que la solución alcanzada sea óptima en sentido global. Aun así, los resultados obtenidos son consistentes, válidos y constituyen un punto de partida sólido para el análisis de sensibilidad y la evaluación del comportamiento del modelo.

¹⁰⁶ El mensaje textual del solver ha sido citado literalmente para mayor claridad.

A5.2. Valores que toman las variables por periodo mensual**Tiempo total de evacuación por periodo****Tabla 30.***Tiempo total de evacuación por cuatrimestre (variable r_m)*

Periodo	Tiempo (en horas)
Cuatrimestre 1	20,0000
Cuatrimestre 2	20,0000
Cuatrimestre 3	19,9300

Matriz de demanda por zona y periodo**Tabla 31.***Demanda de evacuación por zona geográfica y cuatrimestre (variable $d_{a,m}$)*

	Cuatrimestre 1	Cuatrimestre 2	Cuatrimestre 3
Noreste	12.870	26.600	1.085.404
Noroeste	1.058.061	1.004.396	125
Sur	0	0	0

Personas no evacuadas por zona y periodo**Tabla 32.***Población no evacuada por zona y cuatrimestre, $n_{a,m}$*

	Cuatrimestre 1	Cuatrimestre 2	Cuatrimestre 3
Noreste	0	0	813.111
Noroeste	1.058.061	1.004.396	0
Sur	0	0	0

Tiempo de uso de cada recurso por periodo

Tabla 33.

Tiempo de uso de cada recurso por cuatrimestre $s_{i,m}$

Tipo de recurso	Recursos	Cuatrimestre 1	Cuatrimestre 2	Cuatrimestre 3
Ferri convencional	Recurso 1	0,0000	0,0000	18,0833
	Recurso 2	0,0000	0,0000	18,1125
	Recurso 3	0,0000	0,0000	18,1125
	Recurso 4	0,0000	0,0000	18,1125
	Recurso 5	0,0000	0,0000	18,0833
	Recurso 6	0,0000	0,0000	18,1125
	Recurso 7	0,0000	0,0000	18,0833
	Recurso 8	0,0000	0,0000	18,0833
	Recurso 9	0,0000	0,0000	18,1125
	Recurso 10	0,0000	0,0000	18,1125
	Recurso 11	0,0000	0,0000	18,1125
	Recurso 12	0,0000	0,0000	18,1125
	Recurso 13	0,0000	0,0000	18,0833
	Recurso 14	0,0000	0,0000	18,1125
Ferri rápido	Recurso 15	0,0000	0,0000	17,5500
	Recurso 16	0,0000	0,0000	7,6999
	Recurso 17	3,3289	0,0000	17,5500
	Recurso 18	0,0000	0,0000	7,6999
	Recurso 19	0,0000	0,0000	17,5500
	Recurso 20	0,0000	3,3289	17,5500
	Recurso 21	0,0000	2,7526	17,5732

	Recurso 22	0,0000	2,7526	17,5500
	Recurso 23	0,0000	0,0000	7,6999
	Recurso 24	0,0000	0,0000	17,5500
	Recurso 25	0,0000	3,3289	17,5732
	Recurso 26	0,0000	0,0000	17,5500
	Recurso 27	0,0000	0,0000	17,5500
	Recurso 28	0,0000	0,0000	17,5732
	Recurso 29	0,0000	0,0000	17,5500
Buque ro-ro	Recurso 30	0,0000	0,0000	13,3706
	Recurso 31	0,0000	7,0294	16,7235
	Recurso 32	0,0000	5,7353	16,7235
	Recurso 33	5,7353	0,0000	13,3874
	Recurso 34	5,7353	0,0000	13,3706
	Recurso 35	0,0000	5,7353	13,3874
	Recurso 36	0,0000	0,0000	16,7235
Crucero	Recurso 37	0,0000	0,0000	19,1558
	Recurso 38	7,0123	5,3768	19,1558
	Recurso 39	6,4557	5,3719	19,1558
	Recurso 40	0,0000	6,4557	19,1785
	Recurso 41	6,9008	6,9008	19,1558
Salvamento marítimo - Guardamar	Recurso 42	0,0000	0,0000	19,9300
	Recurso 43	0,0000	0,0000	19,9000
	Recurso 44	0,0000	0,0000	19,9000
	Recurso 45	0,0000	0,0000	19,9300

	Recurso 46	0,0000	0,0000	19,9300
Salvamento Marítimo - Salvamar	Recurso 47	0,0000	0,0000	18,8671
	Recurso 48	0,0000	0,0000	18,9132
	Recurso 49	0,0000	0,0000	18,8671
	Recurso 50	0,0000	0,0000	18,9132
	Recurso 51	0,0000	0,0000	18,8671
	Recurso 52	0,0000	0,0000	18,9132
	Recurso 53	0,0000	0,0000	18,8671
	Recurso 54	0,0000	0,0000	18,8671
	Recurso 55	0,0000	0,0000	18,9132
	Recurso 56	0,0000	0,0000	18,8671
	Recurso 57	0,0000	0,0000	18,9132
SASEMAR – Buque polivalente	Recurso 58	0,0000	0,0000	10,6369
	Recurso 59	0,0000	11,0553	9,5021

Flujos de autoevacuación

Tabla 34.

Flujos de autoevacuación por zona y periodo, $f_{\theta,m}$

	Cuatrimestre 1	Cuatrimestre 2	Cuatrimestre 3
Noreste	0	0	595
Noroeste	0	0	125
Sur	0	0	0

Flujo de personas que evacúan**Tabla 35.***Flujo de personas que recorren cada arco β ($a \rightarrow b$), $f_{\beta,m}$* Cuatrimestre 1

$(1,1,1) = 3.950$

$(1,2,1) = 6.260$

$(1,3,1) = 2.660$

Cuatrimestre 2

$(1,1,2) = 8.840$

$(1,2,2) = 9.860$

$(1,3,2) = 7.900$

Cuatrimestre 3

$(1,1,3) = 21.600$

$(1,2,3) = 137.284$

$(1,3,3) = 112.814$

Flujo de población evacuada**Tabla 36.***Flujo de personas que recorren cada arco ζ ($c \rightarrow t$) por cada recurso, $f_{\zeta,m}$* Cuatrimestre 1

$(1,1) = 6.260$

$(2,1) = 2.660$

$(8,1) = 3.950$

Cuatrimestre 2

$(1,2) = 17.760$

$(8,2) = 8.840$

Cuatrimestre 3

$(1,3) = 259.958$

$(2,3) = 11.740$

Flujo de población en cada ruta**Tabla 37.***Flujo de personas que recorren cada arco γ ($b \rightarrow c$) de cada recurso utilizado, $f_{\gamma,m}^{ki}$*

Tabla de flujos para el cuatrimestre 1:

Origen	Destino	Flujo
-----	-----	-----
1	8	1290
2	1	3600
2	2	2660
1	8	2660
3	1	2660

Tabla de flujos para el cuatrimestre 2:

Origen	Destino	Flujo
-----	-----	-----
1	8	1290
3	1	1290
3	1	1290
1	8	1290
1	8	3600
2	1	3600
2	1	3600
3	1	2660
2	1	2660
1	8	2660
3	1	2660

Tabla de flujos para el cuatrimestre 3:

Origen	Destino	Flujo
-----	-----	-----
2	1	1500
2	1	1500
2	1	1500
2	1	1500
3	1	1500
3	1	1500
3	1	1500
3	1	1500
3	1	1500
3	1	1500
3	1	1500
3	1	1500
3	1	1500
3	1	1500
3	1	1500
3	1	1500
2	1	1500
2	1	1500
2	1	1500

2	1	1500
3	1	1500
3	1	1500
3	1	1500
3	1	1500
2	1	1500
2	1	1500
2	1	497
2	1	497
2	1	1500
2	1	1500
2	1	1500
2	1	1500
3	1	1500
3	1	1500
3	1	1500
3	1	1500
3	1	1500
3	1	1500
3	1	1500
3	1	2.2737e-13
3	1	2.2737e-13
3	1	2.2737e-13
3	1	2.2737e-13
3	1	2.2737e-13
3	1	2.2737e-13
3	1	2.2737e-13
3	1	2.2737e-13
3	1	2.2737e-13
3	1	2.2737e-13
3	1	2.2737e-13
3	1	2.2737e-13
3	1	2.2737e-13
3	1	2.2737e-13
3	1	2.2737e-13
3	1	2.2737e-13
3	1	2.2737e-13
3	1	2.2737e-13
3	1	2.2737e-13
3	1	2.2737e-13
3	1	2.2737e-13
3	1	2.2737e-13
3	1	2.2737e-13
3	1	1500
3	1	1500
3	1	1500
3	1	1500
3	1	1500
3	1	1500
3	1	1500
3	1	1500
2	1	1500
2	1	1500
2	1	1500
2	1	1500
3	1	1500
3	1	1500
3	1	1500
3	1	1500
2	1	1290
2	1	1290
2	1	1290

2	1	1290
2	1	1290
3	2	1290
3	2	1290
2	1	1290
2	1	1290
2	1	1290
2	1	1290
2	1	1290
3	2	1290
3	2	1290
2	1	1290
2	1	1290
2	1	1290
2	1	1290
2	1	1290
2	1	1290
2	1	1290
2	1	1290
3	1	1290
3	1	1290
3	1	1290
3	1	1290
3	1	1290
2	1	1290
2	1	1290
2	1	1290
2	1	1290
2	1	1290
3	2	1290
3	2	1290
2	1	1290
2	1	1290
2	1	1290
2	1	1290
2	1	1290
3	1	1290
3	1	101
3	1	101
3	1	101
3	1	101
2	1	1290
2	1	1290
2	1	1290
2	1	1290
2	1	1290
2	1	1290
2	1	1290
2	1	1290
2	1	1290
2	1	1290
3	1	1290
3	1	1290
3	1	1290
3	1	1290
2	1	1290
2	1	1290

2		1	1290
2		1	1290
2		1	1290
2		1	3600
2		1	3600
1		1	3600
1		1	3600
1		1	3600
1		1	3600
3		1	3600
3		1	3600
2		1	3600
2		1	3600
3		1	3600
3		1	3600
1		1	3600
1		1	3600
2		1	2660
2		1	2660
2		1	2660
2		1	2660
2		1	2660
2		1	2660
2		1	2660
2		1	2660
3		1	2660
3		1	2660
3		1	2660
2		1	2660
2		1	2660
2		1	2660
3		1	300
3		1	300
3		1	300
3		1	300
3		1	300
2		1	300
2		1	300
2		1	300
2		1	300
2		1	300
2		1	300
2		1	300
2		1	300
2		1	300
2		1	300
3		1	300
3		1	300
3		1	300
3		1	300
3		1	300
3		1	300
3		1	300
3		1	300
3		1	300
3		1	300
3	1	300	
2	1	40	
2	1	40	
2	1	40	

2	1	40
2	1	40
2	1	40
2	1	40
2	1	40
3	1	40
3	1	40
3	1	40
3	1	40
3	1	40
3	1	40
3	1	40
3	1	40
2	1	40
2	1	40
2	1	40
2	1	40
2	1	40
2	1	40
2	1	40
2	1	40
3	1	40
3	1	40
3	1	40
3	1	40
3	1	40
3	1	40
3	1	40
3	1	40
2	1	40
2	1	40
2	1	40
2	1	40
2	1	40
2	1	40
2	1	40
2	1	40
3	1	40
3	1	40
3	1	40
3	1	40
3	1	40
3	1	40
3	1	40
2	1	40
2	1	40
2	1	40
2	1	40
2	1	40
2	1	40
2	1	40
2	1	40
2	1	40

2	1	40
2	1	40
2	1	40
2	1	40
2	1	40
2	1	40
2	1	40
3	1	40
3	1	40
3	1	40
3	1	40
3	1	40
3	1	40
3	1	40
3	1	40
2	1	40
2	1	40
2	1	40
2	1	40
2	1	40
2	1	40
2	1	40
2	1	40
3	1	40
3	1	40
3	1	40
3	1	40
3	1	40
3	1	40
3	1	40
3	1	40
3	2	4000
3	1	4000

>>

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales operadores de embarcaciones marítimas en las islas Canarias. Elaboración propia.	55
Tabla 2. Distancias en millas náuticas entre puertos más cercanos a Gran Canaria. Elaboración propia.	56
Tabla 3. Inventario de recursos navales y marítimos durante la evacuación. Elaboración propia.	59
Tabla 4. Resumen de la nomenclatura matemática utilizada en el modelo. Elaboración propia.	75
Tabla 5. Principales métricas de evacuación según el cuatrimestre. Fuente: MATLAB	83
Tabla 6. Tiempo total de operación (en horas) según tipo de recurso y cuatrimestre. Fuente: MATLAB	84
Tabla 7. Tiempo total de operación (en horas) según tipo de recurso y cuatrimestre. Fuente: MATLAB	85
Tabla 8. Trayectos que evacúan a una mayor proporción de personas según el cuatrimestre. Elaboración propia	86
Tabla 9. Principales métricas de evacuación según el cuatrimestre para $T_{limit} = 20$. Fuente: MATLAB	88
Tabla 10. Número de recursos empleados por tipo y cuatrimestre. Fuente: MATLAB	88
Tabla 11. Tiempo de uso por tipo de recurso por cuatrimestre $s_{i,m}$ cuando $T_{limit} = 20$. Fuente: MATLAB	89
Tabla 12. Tiempos totales de evacuación por cuatrimestre modificados. Elaboración propia.	90
Tabla 13. Estimación de costes del proyecto. Elaboración propia.....	99
Tabla 14. Tabla sobre tarifas de embarcaciones del SASEMAR. Elaboración propia. Nota: B = Coeficiente corrector, S = Ajuste progresivo de tarifas	110
Tabla 15. Coste del personal de tripulación. Elaboración propia.	111
Tabla 16. Tarifas del combustible. Elaboración propia.	111
Tabla 17. Indicadores del proceso de resolución del modelo de optimización.....	122
Tabla 18. Tiempo total de evacuación por cuatrimestre (variable r_m)	124
Tabla 19. Demanda de evacuación por zona geográfica y cuatrimestre (variable $d_{a,m}$)	124
Tabla 20. Personas no evacuadas por zona geográfica y cuatrimestre (variable $n_{a,m}$)	124
Tabla 21. Asignación de embarcaciones por cuatrimestre, variable $w_{1i,m}$	125
Tabla 22. Tiempo de uso de cada recurso por cuatrimestre $s_{i,m}$	127
Tabla 23. Rutas de viaje de cada recurso por cada viaje de ida, $x_{ki,m}$	130

Tabla 24. <i>Rutas realizadas por cada recurso en cada viaje de vuelta, $y_{ki,m}$</i>	148
Tabla 25. <i>Flujos de autoevacuación por zona y periodo, $f_{\theta,m}$</i>	167
Tabla 26. <i>Flujo de personas que recorren cada arco β ($a \rightarrow b$), $f_{\beta,m}$</i>	167
Tabla 27. <i>Flujo de personas que recorren cada arco γ ($b \rightarrow c$) de cada recurso utilizado, $f_{\gamma,m}^{ki}$</i>	167
Tabla 28. <i>Flujo de personas que recorren cada arco ζ ($c \rightarrow t$) por cada recurso, $f_{\zeta,m}$</i>	202
Tabla 29. <i>Indicadores del proceso de resolución del modelo de optimización.</i>	204
Tabla 30. <i>Tiempo total de evacuación por cuatrimestre (variable r_m)</i>	206
Tabla 31. <i>Demanda de evacuación por zona geográfica y cuatrimestre (variable $d_{a,m}$)</i>	206
Tabla 32. <i>Población no evacuada por zona y cuatrimestre, $n_{a,m}$</i>	206
Tabla 33. <i>Tiempo de uso de cada recurso por cuatrimestre $s_{i,m}$</i>	207
Tabla 34. <i>Flujos de autoevacuación por zona y periodo, $f_{\theta,m}$</i>	209
Tabla 35. <i>Flujo de personas que recorren cada arco β ($a \rightarrow b$), $f_{\beta,m}$</i>	210
Tabla 36. <i>Flujo de personas que recorren cada arco ζ ($c \rightarrow t$) por cada recurso, $f_{\zeta,m}$</i>	210
Tabla 37. <i>Flujo de personas que recorren cada arco γ ($b \rightarrow c$) de cada recurso utilizado, $f_{\gamma,m}^{ki}$</i>	210

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujos para la obtención del contraflujo y tráfico de rescate optimizados. Zheng Liu, Jialin Liu, Xuecheng Shang, Xingang Li (2024).	27
Figura 2. (a) Promedio del tráfico nacional por hora, (b) Tráfico nacional tras ser afectado por las inundaciones. Fuente: Haghpanah F. (2018).	28
Figura 3.	29
Figura 4. Marco para la gestión del tráfico de evacuación en tiempo real basado en control adaptivo. Liu H.X., Ban J.X., Ma W., Mirchandani P.B. (2007).	30
Figura 5. Modelo S-ICEP de dos etapas. Modelo Krutein – Goodchild. (2022).	32
Figura 6. Plantilla para el desarrollo de un estudio de caso. Krutein K. F., Jennifer McGowan, Anne Goodchild. (2022).	33
Figura 7. Representación de la teoría de Loss of Strength Gradient (LSG). Based on Boulding (1962).	37
Figura 8. Áreas de influencia que afectan a la interoperabilidad. Fuente: Congreso Combat Logistics 2024.	38
Figura 9. Ejemplo de abastecimiento mixto push (azul) y pull (verde). Fuente: Congreso Combat Logistics 2024.	39
Figura 10. Tecnologías clave para los nuevos modelos de sostenimiento. Fuente: Fuerza 2035 British Army 2024	40
Figura 11. Pilares de la Brújula estratégica. Elaboración: Francisco Gan Pampols. Fuente: Consejo de la UE (2024).	42
Figura 12. Distribución de la población. Las Palmas de Gran Canaria. Fuente: Plan de Acción Las Palmas de Gran Canaria basado en los datos del Padrón municipal 2020 del INE (2020).	43
Figura 13. Mapa de todos los puertos con los que el Puerto de Las Palmas mantiene líneas marítimas. Fuente: Autoridad Portuaria de Las Palmas – Líneas Regulares (2025). Elaboración propia.....	47
Figura 14. Cifras oficiales de población de los municipios españoles. Fuente: INE (2025).	48
Figura 15. Tráfico de pasajeros de transporte regular en el Puerto de La Luz durante 2024 (mensual). Fuente: ISTAC (2025).	49
Figura 16. Tráfico de pasajeros en ámbito de crucero en el Puerto de La Luz durante 2024 (mensual). Fuente: ISTAC (2025).	49
Figura 17. Mapa de los Puertos del Estado de la isla de Gran Canaria. Fuente: GRAFCAN (2025).	50
Figura 18. Plano Puerto de Las Palmas. Fuente: Autoridad Portuaria de Las Palmas (2025).	51
Figura 19. Puerto de Arinaga (2025). Fuente: Google Maps.	52
Figura 20. Puerto de Las Nieves (2025) Fuente: Guías Masmar.	53

Figura 21. Medios de Salvamento Marítimo (2024). Fuente: Salvamento Marítimo..	54
Figura 22. Callejero turístico de la isla de Gran canaria. Fuente GRAFCAN (2025).	61
Figura 23. Red vial en la zona del Puerto de La Luz. Fuente: GRAFCAN (2025).	62
Figura 24. Dársena de embarcaciones menores. Puerto de Las Palmas (2025). Fuente: Marina Las Palmas Puerto Deportivo.	63
Figura 25. Diagrama de flujo del código de optimización. Elaboración propia.....	67
Figura 26. Esquema del modelo D-ICEP de Krutein y Goodchild. Fuente: Krutein y Goodchild (2022).....	71
Figura 27. Simulación del flujo de personas entre los puertos de recogida (B) y refugio (C). Generado con Simulink.....	92

BIBLIOGRAFÍA

- Accem (2024, noviembre 30). *Programa de atención humanitaria*.
- Acree, A. et al. (2023). *Could Block chain Help NATO's Supply Chain?*
- Autoridad Portuaria de Las Palmas. (2025). *Puerto de Las Palmas*.
- Autoridad Portuaria de Las Palmas (2025). *Plan Director de Infraestructuras*.
- Autoridad Portuaria de Las Palmas (2021). *Estudio previo de diseño y valoración de la futura conexión viaria del puerto de Arinaga con la GC-1*.
- Ayuntamiento Santa Cruz de Tenerife (2015). *Plan de Emergencias Municipal (PEMU). Lugares de Albergue Propuestos y Estudiados*. Santa Cruz de Tenerife.
- Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife (2025). *Puertos de Tenerife – Datos técnicos de los puertos*.
- Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife (24 mayo, 2023). *El puerto de Tenerife, tercero de España en Eficiencia*.
- Ayuntamiento de Las Palmas (2013). *Plan de Emergencias Municipal de Las Palmas de Gran Canaria (PEMULPA)*.
- Ayuntamiento de Las Palmas de Gran Canaria. (2021) *Plan de Acción de Las Palmas de Gran Canaria de la Agenda Urbana Española*.
- Ayuntamiento de San Sebastián de La Gomera (s.f.). *Plan de Emergencias Municipal de San Sebastián de La Gomera*. Ayuntamiento de San Sebastián de La Gomera.
- Balcik, B. and Beamon, B.M. (2008). *Facility location in humanitarian relief*. International Journal of Logistics, 11(2), pp.101- 121
- Boletín Oficial del Estado (s.f.) *Anexo II. Tarifas por los servicios prestados por la Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima (SASEMAR)*.
- Boluda Corporación Marítima (2019). *Portacontenedores*.
- Boluda Corporación Marítima (2019). *Transporte marítimo*.

Cabellos Cortés, M. (2024). *Plan de evacuación de Ceuta*. Repositorio Trabajo Fin de Grado Universidad Pontificia Comillas.

Cabildo de Gran Canaria (s.f.). *Plan Territorial Insular de Emergencias de Protección Civil de la Isla de Gran Canaria (PEIN de Gran Canaria)*.

Centro Internacional de Estocolmo para la Defensa de la Paz (SIPRI) (2024). *El gasto militar mundial aumenta en medio de la guerra, las crecientes tensiones y la inseguridad*.

CMA-CGM (s.f.). *Better ways: Making supply chains more sustainable every day*.

Cruz Roja Española (s.f.). *Cruz Roja*.

De Yoshivov S.M. Naibaho, Ansori Ansori, M., Ikhwan Syahtaria. (2023). *Marine Defense Strategy with Military Base Development on the Outside Island as a Leading Defense and Defense Mobility*. International Journal of Progressive Sciences and Technologies. Vol. 37(1)

Diario de Fuerteventura (2024, octubre 29). *El Gobierno construirá un centro de acogida de migrantes en Fuerteventura con 600 plazas*.

El Mundo (2021, octubre 11). *El cuartel de El Fuerte en La Palma: de acoger a 20 militares a recibir más de mil personas*.

El País (2025). *Aumento del gasto militar servirá para subir el sueldo a los soldados, reponer munición y reforzar el servicio secreto del CNI*.

Escala Barcelona (2018, agosto 29). *Cruceros en labor humanitaria: una faceta poco conocida del sector*.

European Commission (2022) *Action Plan on Military Mobility 2.0*.

European Defence Agency (EDA) (2023). *Federal Logistic IT Network Project*.

European Maritime Safety Agency (2019). *EU – EEA Member States Table Top Exercise Places of Refuge. Atlantic Container*

European Union (2021) *Secure Digital Military Mobility System (SDMMS)*.

Ferryhopper. (2025). *Ferry de Agaete a Santa Cruz de Tenerife*.

Fred Olsen (s.f.). *Fleet*.

Fred. Olsen Express (s.f.). *Viaje en fast ferry entre Gran Canaria y Tenerife*.

Gobierno de Canarias (23 mayo, 2023). *Marruecos hace oficial su compromiso para reactivar la conexión marítima entre Fuerteventura y Tarfaya*.

Gobierno de Canarias (s.f.) *Marruecos aprueba las obras del puerto de Tarfaya entre los proyectos prioritarios del país*.

Gobierno de Canarias (2015). *Plan Territorial de Emergencias de protección Civil de la Comunidad Autónoma de Canarias (PLATECA)*. Boletín Oficial de Canarias (BOC), 104

Gobierno de Canarias (2025). *Planes de Emergencia Insular (PEIN)*

Google My Maps (s.f.). *Mapa personalizado*.

Guías Masmar (2024). *Puerto de Las Nieves. Agaete*.

Haghpanah, F. (2018). *Transportation Emergency Planning Considering Uncertainty in Event Duration and Drivers' Behavior*. School of Civil, Environmental and Land Management Engineering, Politecnico di Milano.

Ideal (18 marzo, 2022). *Gruflex 22 sirve a la Armada de preparación en operaciones anfibias*.

Instituto Canario de Estadística (istac) (2025). *Recopilación de Estadísticas de Transporte Marítimo*.

Instituto Hidrográfico de la Marina (s.f.) *Distancia entre puertos*.

Instituto Nacional de Estadística (INE) (2025). *Palmas, Las: Población por municipios y sexo*.

IT islands (21 marzo, 2019) *Canarias, Puente Estratégico entre África y América*.

Khodabandelu, A., Park, J. (2021) *Agent-Based Modeling and Simulation in Construction*. Automation in Construction. Vol.131, 103882

Krutein, K. F., Goodchild, A. (2022). *The Isolated Community Evacuation Problem with Mixed Integer Programming*. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review. Vol. 161, 102710

Krutein, K. F., McGowan J., Goodchild A. (2022). *Evacuating Isolated Islands with Marine Resources: A Bowen Island Case Study*. International Journal of Disaster Risk Reduction. Vol. 72, 102865.

Kuligowski, E. D., Peacock, R. D., & Hoskins, B. L. (2005). *A review of building evacuation models* (Vol. 4). Gaithersburg, MD: US Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology.

Lagap, U., Ghaffarian, S. (2024). *Digital Post-Disaster Risk Management Twinning: A Review and Improved Conceptual Framework*. International Journal of Disaster Risk Reduction. Vol. 110, 104629

Ley Orgánica 4/1981, de 1 de junio, de los estados de alarma, excepción y sitio. Boletín Oficial del Estado, núm. 134, 5 de junio de 1981, pp. 13378–13380.

Liu H. X., Ban J. X., Ma W., Mirchandani P. B. (2007). *Model Reference Adaptive Control Framework for real-Tiem Traffic Management under Emergency Evacuation*. Journal of Urban Planning and Development. Vol. 133, Issue 1

Matthews R., Bintang Timur F. (2023). *Singapore's Total Defence Strategy*. Defence and Peace Economics. Vol. 35 (5), 638–658.

Marina Las Palmas Puerto Deportivo (s.f.). *Atraques*.

Ministerio de Defensa (2024). *Evolución de la logística hacia nuevos modelos*.

Ministerio de Defensa (2023). *Lista Oficial de Buques de la Armada*.

Mokodompis E. Z., Widjayanto J., Risman H., Nuriada W. (2022). *Defense Strategies for Large Island and Cluster of Small Island in Preparation for Modern Warfare*. International Journal of Research and Innovation in Social Science (IJRISS). Vol. 6 (5), 740–744

MSC cruceros (2025). *Las Palmas de Gran Canaria*.

Naviera Armas (s.f.). *Nuestra flota*.

Omio. (2025). *Ferry de Santa Cruz de Tenerife a Arinaga*.

Puertos Canarios (s.f.) *Puertos*.

Puertos de Canarias (2025, mayo 12). *Nelson Mandela, las obras de un muelle que avanzan como un iceberg en el Puerto de las Palmas*.

Puerto de Las Palmas (2025). *Líneas regulares – Puerto de La Luz*.

Puertos de Las Palmas (2018). *Memoria Sostenibilidad Autoridad Portuaria Las Palmas*.

Puertos del Estado (2025). *Cuadro de Mando Anual*.

Risman H., Ma'arif S., Octavian A., Mahroza J., Cempaka Timur F. G. (2023). *The Indonesian Main Island Defense: Land Power Projection Towards Maritime Orientation*. Journal of Survey in Fisheries Sciences. Vol 10 (2).

Salvamento Marítimo (2024, septiembre 24). *Notas de prensa. Salvamento Marítimo refuerza las plantillas en tres embarcaciones salvamares en Canarias*.

Salvamento Marítimo (s.f.). *Nuestros medios – 89 unidades marítimas y aéreas*.

Sakaguchi, D. (2011). *Distance and Military Operations: Theoretical Background toward Strengthening the Defense of Offshore Islands*. NIDS Journal of Defense and Security.

Servicio Público de Empleo Estatal (12 febrero, 2025). *El BOE publica el SMI para 2025 que se establece en 1.184€*.

Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima (SASEMAR) (2024) *Informe Anual 2023*.

Superdeporte (2025, abril 11). *Canarias se convierte en enclave fundamental de la OTAN para la defensa aérea y antimisiles de Europa*.

The Loadstar. (2025, abril 16). *MSC fleet now 900 vessels-strong*.

UrbiStat (2022). *Maps, analysis and statistics about resident population*.

Yann-huei Song. (2007) *Security in the Strait of Malacca and the Regional Maritime Security Initiative: Responses to the US Proposal*. International Law Studies. Vol. 83

Zheng Liu, Jialin Liu, Xuecheng Shang, Xingang Li (2024). *Data-driven evacuation and rescue traffic optimization with rescue contraflow control*. Journal of Safety Science and Resilience. Vol. 5, Issue 1, pag 1-12