



# MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES

## TRABAJO FIN DE MÁSTER SIMULACIÓN DE UN PLAN DE MIGRACIÓN INTEGRAL A LA NUBE

Autor: Juan Sebastián de Benito Cháfer

Director: Gregorio Ignacio López López

Codirector: Roberto Gesteira Miñarro

Madrid



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

**Simulación de un plan de migración integral a la nube**

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el

curso académico 2022/23 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.: Juan Sebastián de Benito Cháfer      Fecha: 12 / 07 / 2023

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO



Fdo.: Gregorio Ignacio López López      Fecha: 12 / 07 / 2023

EL CODIRECTOR DEL PROYECTO



Fdo.: Roberto Gesteira Miñarro      Fecha: 12 / 07 / 2023





# MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES

## TRABAJO FIN DE MÁSTER SIMULACIÓN DE UN PLAN DE MIGRACIÓN INTEGRAL A LA NUBE

Autor: Juan Sebastián de Benito Cháfer

Director: Gregorio Ignacio López López

Codirector: Roberto Gesteira Miñarro

Madrid



# Agradecimientos

Quiero agradecerles este proyecto a mi novia, familiares y amigos. No hubiera podido llegar hasta aquí sin vuestro apoyo.

"It gets easier. Every day it gets a little easier. But you got to do it every day. That's the hard part. But it does get easier."

- BoJack Horseman (S02, E12)





# SIMULACIÓN DE UN PLAN DE MIGRACIÓN INTEGRAL A LA NUBE

**Autor: de Benito Cháfer, Juan Sebastián.**

Director: López López, Gregorio Ignacio.

Codirector: Gesteira Miñarro, Roberto

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

## RESUMEN DEL PROYECTO

En el presente trabajo, se diseñará una herramienta integral de migración de la infraestructura TI de una organización desde un centro de datos convencional (*on-premises*) a un sistema total o parcialmente basado en Cloud. La herramienta dará apoyo dos puntos esenciales de la estrategia de migración: el análisis del porfolio de aplicaciones y la planificación de esfuerzos, tiempos y costes.

**Palabras clave:** Cloud, Migración, Infraestructura, Estrategia, Planificación, Excel

### 1. Introducción

La migración a la nube se ha convertido en una tendencia popular en los últimos años debido a sus numerosos beneficios, como el ahorro de costes, la escalabilidad y la flexibilidad. Sin embargo, el proceso de migración es complejo y conlleva riesgos, como problemas de continuidad de negocio, brechas de seguridad o pérdidas de datos, entre otros. Debido a ello, es necesario que las empresas tengan a mano las metodologías y herramientas necesarias para poder llevar sus cargas de trabajo exitosamente a la nube.

### 2. Definición del proyecto

Este proyecto se centra en el diseño y desarrollo de un planificador de migración integral para organizaciones que desean hacer la transición de su infraestructura TI de centros de datos locales a Cloud. Para ello, se han recopilado y analizado herramientas y documentos relevantes relacionados con las migraciones Cloud con el objetivo de crear dos metodologías. Por un lado, la metodología de evaluación permite analizar las carteras de aplicaciones. Por el otro, la metodología de planificación se centra en estimar los esfuerzos, tiempos y costes, incluyendo un análisis financiero para evaluar la viabilidad económica del proyecto. Apoyándose en estas metodologías, finalmente se procederá al diseño de la herramienta en Excel.

### 3. Descripción del modelo/sistema/herramienta

En la Fase de Evaluación se determinarán los atributos de las aplicaciones y sus posibles valores, los cuales servirán como variables de entrada para la herramienta (criticidad, estabilidad, número de máquinas virtuales...). A continuación, se llevará a cabo el *Cloud Suitability Assessment* del porfolio, un análisis enfocado en otorgar una puntuación numérica que indique lo preparada que está la aplicación para ser migrada y operada en un entorno Cloud. Adicionalmente, se un definirá algoritmo de árbol binario, el cual asigna a cada aplicación un *Migration Roadmap* óptimo basado en la estrategia de migración de las 6R [1].

Ya en la Fase de Planificación, la migración se estructurará en *Waves*, las cuales funcionan como una pequeña migración en sí mismas. Después, se estiman los tiempos y costes de migración de cada oleada. Estos parámetros se obtienen a través del *Effort Estimation*, que refleja el nivel de complejidad que tiene una aplicación para ser migrada. Los resultados obtenidos se utilizarán para determinar la duración de todas las fases de migración en el *Time Estimation*, que a su vez será la base del *Cost Estimation*. Adicionalmente, se calcularán los *Operational Costs*, cruciales para el desarrollo del *Análisis Financiero*.

Para finalizar, el *Financial Analysis* es un estudio documentado de la viabilidad económica del proyecto de migración. Tomando como base los resultados del *Cost Estimation*, se estiman los flujos de caja del proyecto de migración a 10 años y se comparan con los del Statu Quo, es decir, los flujos de caja que tendrían lugar si se decidiera no implementar el proyecto. De la comparación entre ambos se obtiene el *Transformation Value*, que se corresponde con el valor real del proyecto.

#### 4. Resultados

Se ha obtenido una herramienta modular completamente funcional que pone en práctica el análisis del porfolio y la planificación de esfuerzos, tiempos y costes. Se han diseñado más de 30 tablas y gráficos con el objetivo de mostrar los resultados más relevantes de cada apartado. Cabe señalar que el modelo es muy sensible a los cambios en los costes, como los de los especialistas de migración o los de las instancias en la nube.

Algunos de los gráficos más representativos se muestran en la Ilustración 1.

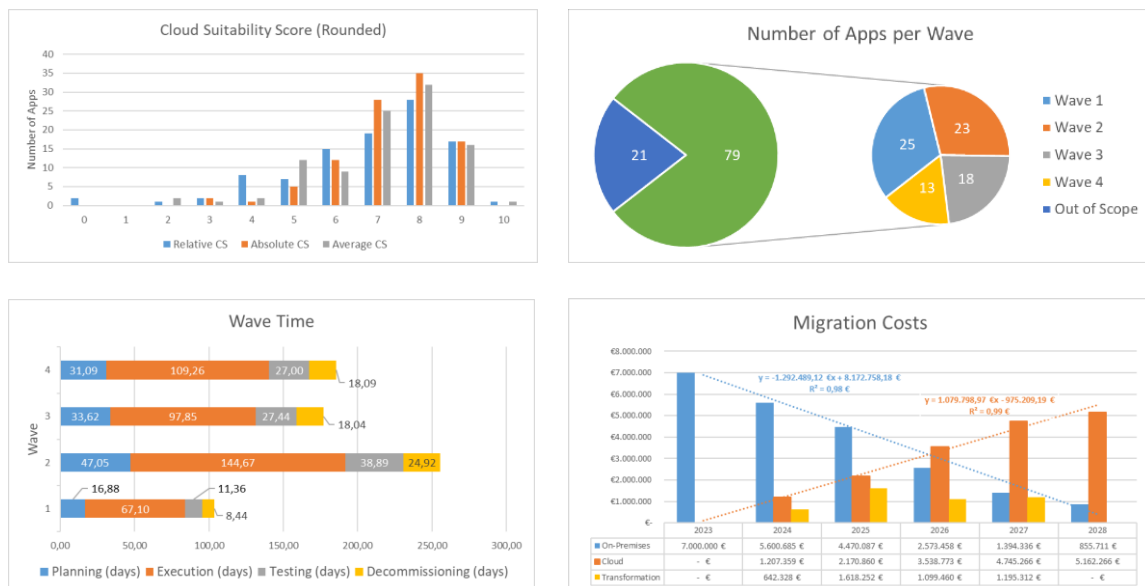


Ilustración 1 – De izquierda a derecha y de arriba hacia abajo, resultados del Cloud Suitability Score,

Number of Apps per Wave, Wave Time y Migration Costs

## 5. Conclusiones

El proyecto ha diseñado con éxito un planificador de migraciones integral para la infraestructura TI de una organización. La investigación y la recopilación de información sentaron las bases para el desarrollo de las metodologías de evaluación y planificación. Por un lado, la metodología de evaluación facilitó un análisis y una evaluación exhaustivos de las características técnicas de cada aplicación. Por el otro, la metodología de planificación garantizó una asignación efectiva de recursos para una migración exitosa. Incorporando ambas metodologías, se desarrolló una herramienta de migración modular plenamente funcional capaz de proporcionar tablas de resultados y *dashboards*, muy útiles para identificar puntos críticos en el análisis del portafolio de aplicaciones y planificación de la migración.

En general, este proyecto ha aportado valiosos conocimientos y recursos al campo de las migraciones Cloud, lo que ayudará a las organizaciones a comenzar su viaje a la nube de manera eficiente y con un riesgo mínimo.

## 6. Referencias

[1] EY. (2022). Las 6R de la migración a la nube. EY Journey to the Cloud.

[https://www.ey.com/es\\_ve/consulting/journey-to-cloud/las-6r-de-la-migracion-a-la-nube](https://www.ey.com/es_ve/consulting/journey-to-cloud/las-6r-de-la-migracion-a-la-nube)

# SIMULATING A COMPREHENSIVE CLOUD MIGRATION PLAN

**Author: de Benito Cháfer, Juan Sebastián.**

Supervisor: López López, Gregorio Ignacio.

Supervisor: Gesteira Miñarro, Roberto.

Collaborating Entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

## ABSTRACT

In this project, a comprehensive tool for migrating an organization's IT infrastructure from a conventional data center (*on-premises*) to fully or partially Cloud-based will be designed. The tool will support two essential pillars of the migration strategy: the analysis of the application portfolio and the planning of efforts, times and costs.

**Keywords:** Cloud, Migration, Infrastructure, Strategy, Planning, Excel

### 1. Introduction

Cloud migration has become a popular trend in recent years due to its many benefits, such as cost savings, scalability, and flexibility. However, the migration process is complex and entails a long list of risks, such as business continuity issues, security breaches or data loss, among others. Because of this, it is necessary for companies to have at hand the necessary methodologies and tools to be able to successfully take their workloads to the cloud.

### 2. Project scope

This project focuses on the design and development of a comprehensive migration planner for organizations that want to transition their IT infrastructure from *on-premises* data centers to the Cloud. To accomplish this objective, relevant tools and documents related to Cloud migrations have been compiled and analyzed with the aim of creating two methodologies. On the one hand, the evaluation methodology makes it possible to analyze the application portfolios. On the other hand, the planning methodology focuses on estimating efforts, times and costs, including a financial analysis to assess the economic viability of the project. Relying on these methodologies, we will finally proceed to the design of the tool in Excel.

### 3. Tool description

In the Evaluation Phase, the attributes of the applications and their possible values will be determined, which will serve as input variables for the tool (criticality, stability, number of virtual machines ...). Next, the *Cloud Suitability Assessment* of the portfolio will be carried out, an analysis focused on granting a numerical score that indicates how prepared the application is to be migrated and operated in a Cloud environment. Additionally, a binary tree algorithm will be defined, which assigns each application an optimal *Migration Roadmap* based on the 6R migration strategy [1].

Already in the Planning Phase, the migration will be structured in *Waves*, which work as a small migration in themselves. Then, the migration times and costs of each wave are calculated. These parameters are obtained through *Effort Estimation*, which reflects the

level of complexity of the migration process of each application. The results obtained will be used to determine the duration of all migration phases in the *Time Estimation*, which in turn will be the basis of the *Cost Estimation*. Additionally, the *Operational Costs*, crucial for the development of the Financial Analysis, will be calculated.

Finally, the *Financial Analysis* is a documented study of the economic viability of the migration project. Based on the results of the *Cost Estimation*, the cash flows of the 10-year migration project are estimated and compared with those of the Status Quo, that is, the cash flows that would take if it was decided not to implement the project. From the comparison between the two, the *Transformation Value* is obtained, which corresponds to the real value of the project.

#### 4. Results

A fully functional modular tool has been obtained that puts portfolio analysis and effort, time and cost planning into practice. More than 30 tables and graphs have been designed with the aim of showing the most relevant results of each section. It should be noted that the model is extremely sensitive to changes in costs, such as for migration specialists or cloud instances.

Some of the most representative graphs are shown in Illustration 1.

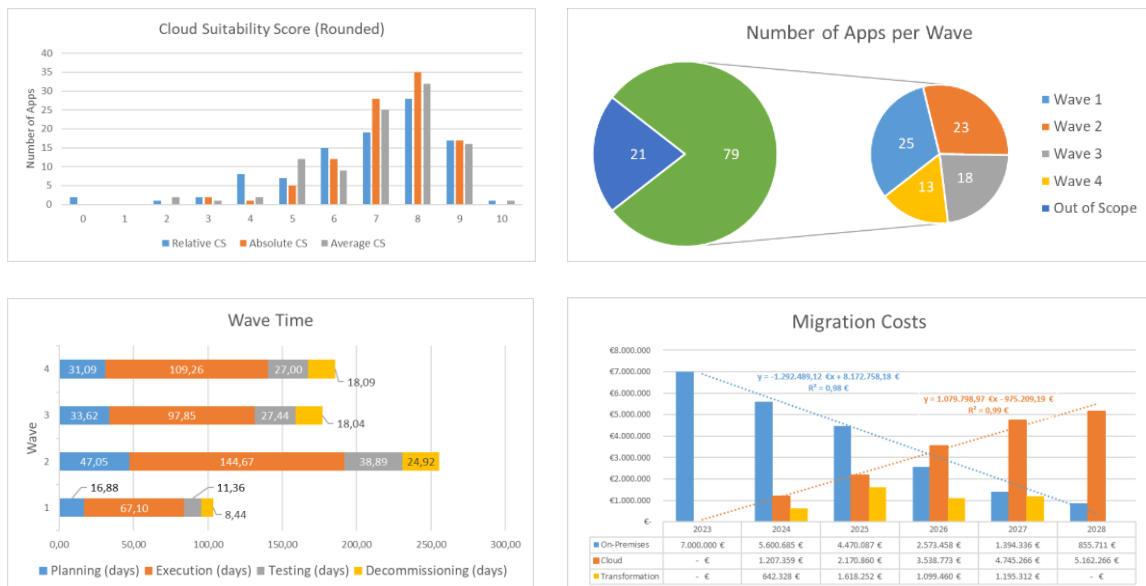


Illustration 1. From left to right and from top to bottom, results of the Cloud Suitability Score, Number of Apps per Wave, Wave Time and Migration Costs

## **5. Conclusions**

The project has successfully designed a comprehensive migration planner for an organization's IT infrastructure. Research and information gathering laid the foundation for the development of assessment and planning methodologies. On the one hand, the evaluation methodology facilitated a thorough analysis and evaluation of the technical characteristics of each application. On the other hand, the planning methodology guaranteed an effective allocation of resources for a successful migration. Incorporating both methodologies, a fully functional modular migration tool was developed. This tool, capable of providing results tables and dashboards, is very useful for identifying critical points in the application portfolio analysis and migration planning.

Overall, this project has brought valuable knowledge and resources to the field of application migrations, which will help organizations start their journey to the Cloud efficiently and with minimal risk.

## **6. References**

[1] EY. (2022). Las 6R de la migración a la nube. EY Journey to the Cloud.

[https://www.ey.com/es\\_ve/consulting/journey-to-cloud/las-6r-de-la-migracion-a-la-nube](https://www.ey.com/es_ve/consulting/journey-to-cloud/las-6r-de-la-migracion-a-la-nube)



## ÍNDICE DE LA MEMORIA

<i>Índice de la Memoria</i> .....	<i>I</i>
<i>Índice de Figuras</i> .....	<i>III</i>
<i>Índice de Tablas</i> .....	<i>IV</i>
<b>Capítulo 1. Introducción</b> .....	<b>5</b>
1.1 Motivación del proyecto.....	5
1.2 Objetivos .....	6
<b>Capítulo 2. Estado del Arte</b> .....	<b>7</b>
2.1 Aplicaciones y Documentos Relacionados .....	7
2.1.1 Google Migration Path.....	7
2.1.2 Cloud Suitability Analyzer.....	8
2.1.3 AWS Prescriptive Guidance Application portfolio assessment .....	9
2.1.4 IBM Aspera File Transfer Calculator .....	11
2.1.5 Estrategia de Migración Basada en las 6R.....	11
2.1.6 Create a business case for cloud migration .....	13
2.2 Descripción de las Tecnologías .....	14
2.2.1 Microsoft Excel.....	14
2.2.2 Calculadoras de costes.....	14
<b>Capítulo 3. Metodología y Organización</b> .....	<b>16</b>
3.1 Metodología.....	16
3.1.1 Fase de Evaluación (Assessment).....	16
3.1.2 Fase de Planificación (Planning).....	17
3.1.3 Análisis Financiero (Financial Analysis).....	17
3.2 Organización de la Memoria .....	18
<b>Capítulo 4. Herramienta Desarrollada</b> .....	<b>19</b>
4.1 Datos de Partida.....	19
4.1.1 Atributos .....	19



4.1.2	<i>Generación de Datos</i> .....	25
4.2	Análisis de Idoneidad Cloud (Cloud Suitability Assessment).....	27
4.2.1	<i>Obtención de las Puntuaciones (Cloud Suitability Scores)</i> .....	28
4.2.2	<i>Normalización</i> .....	29
4.2.3	<i>Resultados</i> .....	30
4.3	Mapa de Migración (Migration Roadmap).....	34
4.3.1	<i>Implementación de las 6R</i> .....	35
4.3.2	<i>Olas de Migración (Migration Waves)</i> .....	38
4.3.3	<i>Tiempo de Transferencia (Transfer Time)</i> .....	39
4.3.4	<i>Resultados</i> .....	40
4.4	Estimación de Esfuerzos, Tiempos y Costes .....	43
4.4.1	<i>Estimación de Esfuerzos (Effort Estimation)</i> .....	44
4.4.2	<i>Estimación de Tiempos (Time Estimation)</i> .....	47
4.4.3	<i>Estimación de Costes (Cost Estimation)</i> .....	52
4.5	Análisis Financiero (Financial Analysis) .....	62
4.5.1	<i>Preámbulo</i> .....	62
4.5.2	<i>Valor de Transformación (Transformation Value)</i> .....	63
4.5.3	<i>Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y Punto de Equilibrio</i> .....	64
4.5.4	<i>Resultados</i> .....	65
	<b>Capítulo 5. Conclusiones y Trabajos Futuros</b> .....	<b>71</b>
5.1	Trabajos Futuros.....	72
	<b>Capítulo 6. Bibliografía</b> .....	<b>74</b>
	<b>Anexo A. Objetivos de Desarrollo Sostenible</b> .....	<b>76</b>
	Objetivo 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna .....	76
	Objetivo 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación .....	77

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplo de la metodología de Priorización Estratégica de Migración de AWS .	10
Figura 2. Costes totales considerados en el caso de negocio.....	13
Figura 3. Histograma de Cloud Suitability Scores .....	33
Figura 4. Cloud Suitability Scores “suavizados”.....	33
Figura 5. Diagrama de flujo del algoritmo de clasificación .....	36
Figura 6. Numero de aplicaciones por estrategia de migración .....	41
Figura 7. Numero de aplicaciones por Oleada .....	41
Figura 8. Estrategia de migración por Oleada .....	42
Figura 9. Datos en bruto (en TB) y Tiempo de Transferencia por Oleada (en días).....	42
Figura 11. Histograma de Effort Scores .....	46
Figura 12. Histograma de Effort Scores “suavizados”.....	46
Figura 13. Duración total de cada Oleada .....	50
Figura 14. Duración total de cada Fase .....	51
Figura 15. Comparación entre el Tiempo de Transferencia y la duración total de la Fase de Ejecucción .....	51
Figura 16. Costes de migración por Oleada .....	58
Figura 17. Costes de migración por Fase .....	59
Figura 18. Costes operativos del Cloud por Oleada (mensual).....	59
Figura 19. Costes operativos del Cloud por Tipo (mensual).....	60
Figura 20. Costes operativos on-premises por Oleada (mensual).....	60
Figura 21. Costes Totales del Plan de Migración y del Statu Quo.....	66
Figura 22. Detalle de los Costes del Plan de Migración (2023-2028).....	67
Figura 23. Detalle de los Costes de Transformación y de Operación (2023-2028) .....	67
Figura 24. Valor de Transformación (Anual y Acumulado) .....	68
Figura 25. VAN del Valor de Transformación para diferentes tasas de descuento.....	68

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Relación entre los valores numéricos y cuantitativos de los atributos cuantitativos. .....	25
Tabla 2. Probabilidad de aparición de los valores de cada atributo .....	26
Tabla 3. Pesos (Weights) y puntuaciones (Scores) del Cloud Suitability Scores.....	31
Tabla 4. Resultados de estadística descriptiva del Cloud Suitability Assessment .....	32
Tabla 5. Grupos de Dependencia.....	38
Tabla 6. Oleadas de migración .....	39
Tabla 7. Pesos (Weight) y puntuaciones (Score) del Effort Estimation .....	44
Tabla 8. Mínimos y máximos del Tiempo de Transformación .....	50
Tabla 9. Costes Operativos Cloud por hora.....	57
Tabla 10. Costes de las actividades de migración por hora y Coste Operativo On-premises .....	57

## **Capítulo 1. INTRODUCCIÓN**

La migración a la nube se ha convertido en una tendencia popular en los últimos años debido a sus numerosos beneficios, como el ahorro de costes, la escalabilidad y la flexibilidad. Sin embargo, el proceso de migración es complejo y conlleva una larga lista de riesgos, como problemas de continuidad de negocio, brechas de seguridad o pérdidas de datos, entre otros. Debido a ello, es necesario que las empresas tengan a mano las metodologías y herramientas necesarias para poder llevar sus cargas de trabajo exitosamente a la nube.

Con la idea en mente de ayudar a todas las organizaciones a alcanzar sus metas Cloud, este proyecto se propone diseñar y modelizar un plan integral de migración del porfolio de aplicaciones de una organización genérica desde un centro de datos *on-premises* convencional a un sistema total o parcialmente basado en Cloud.

### ***1.1 MOTIVACIÓN DEL PROYECTO***

Como parte de mi trabajo, tengo una buena comprensión de los aspectos técnicos involucrados en la migración de cargas de trabajo a la nube, como redes, seguridad e infraestructura. De forma paralela, también reconozco la importancia del aspecto de negocio de este proceso, incluido el análisis de costes, la evaluación de riesgos y la estrategia financiera.

Estoy especialmente interesado en este proyecto porque brinda la oportunidad de aplicar mis conocimientos técnicos en el contexto de un entorno empresarial. Al simular un plan de migración integral, puedo explorar los diversos desafíos y oportunidades involucrados en la migración de cargas de trabajo a la nube desde una perspectiva técnica y empresarial. Además, estoy interesado en comprender las diversas plataformas y servicios en la nube que los principales hiperescaladores ofrecen al mercado.

Finalmente, creo que este proyecto posee el potencial de tener un impacto en el mundo real al proporcionar a las empresas información valiosa sobre el proceso de migración a la nube. A medida que más organizaciones consideran migrar al Cloud sus cargas de trabajo, comprender las mejores prácticas y las posibles dificultades de este proceso puede ser crucial para su éxito.

## **1.2 OBJETIVOS**

En el presente trabajo, se diseñará un planificador integral de migración de la infraestructura TI de una organización desde un centro de datos convencional (*on-premises*) a un sistema total o parcialmente basado en Cloud. Para ello, se perseguirán los siguientes objetivos:

- Recopilar y tratar en profundidad las herramientas y documentos accesibles por las organizaciones en lo referente a las migraciones Cloud. Esto quedará reflejado en el estado del arte de la memoria.
- Desarrollar una metodología modular que permita analizar el porfolio de aplicaciones de una organización que permita analizar, clasificar y puntuar las aplicaciones de cara a una potencial migración Cloud.
- Desarrollar una metodología modular de planificación de esfuerzos, tiempo y costes. También se realizará un análisis financiero para comprobar la viabilidad económica del proyecto.
- Crear una herramienta que, basándose en las metodologías previamente descritas, ponga en práctica su uso. Con la idea de identificar los puntos de interés del análisis y de la planificación, se incluirán tablas de resultados y *dashboards*.

## Capítulo 2. ESTADO DEL ARTE

En este capítulo se recogen todas las aplicaciones y documentos relacionados con el proyecto, además de incluir la descripción de todas las tecnologías empleadas a lo largo del mismo.

### 2.1 APLICACIONES Y DOCUMENTOS RELACIONADOS

Este proyecto se ha apoyado sobre diversas herramientas y documentos ya existentes.

#### 2.1.1 GOOGLE MIGRATION PATH

La Ruta de Migración de Google es un marco de trabajo integral diseñado para estructurar la migración de la infraestructura de TI de una organización de un centro de datos local “convencional” a Google Cloud, el hiperescalador propietario de Google (Google Cloud, 2023). La Ruta de Migración consta de una serie de etapas o fases que guían el proceso de migración, asegurando una transición fluida y exitosa a la nube. Estas cuatro fases son: Evaluación (*Assessment*), Planificación (*Planning*), Migración (*Migration*) y Optimización (*Optimization*).

**Assessment.** Durante la Fase de Evaluación de la migración se evalúa el entorno actual y se comienzan a estudiar los conceptos de Cloud y la propia actividad de migración. Esto implica organizar y recopilar información sobre las aplicaciones y todo lo que las rodea: estructura de datos, plataformas, tecnologías, etc. De esta forma, se determinará qué aplicaciones se deben migrar al Cloud y de qué manera debe realizarse dicha actividad. Al realizar una evaluación exhaustiva, las organizaciones obtienen una comprensión clara de su punto de partida y pueden planificar la migración en consecuencia.

**Planning.** En la Fase de Planificación se desarrolla un plan detallado en el que se indican todos los procesos necesarios para llevar a cabo la migración. Esto incluye clasificar las aplicaciones según su complejidad y el esfuerzo requerido, establecer prioridades y definir

un cronograma de trabajo. Durante esta fase se deben considerar factores como la dependencia entre aplicaciones, la disponibilidad del personal y de recursos financieros a lo largo del proyecto y la estrategia TI de la organización. Una buena planificación asegura una migración exitosa con el mínimo impacto en las operaciones del negocio.

**Migration.** La Fase de Migración involucra la ejecución efectiva de la transformación y traslado de las aplicaciones y los datos hacia el entorno Cloud. Es durante esta etapa donde se ponen en práctica los planes y estrategias desarrollados durante la Fase de Planificación. Las aplicaciones se despliegan de forma ordenada en la nube, normalmente por oleadas. Tras esto, sus datos se transfieren y sincronizan, además de realizarse todas las pruebas pertinentes para revisar su correcto funcionamiento. Esta fase es, con diferencia, la más delicada, por lo que es esencial que se realice de forma suave y controlada durante toda su duración.

**Optimization.** La Fase de Optimización se centra en maximizar el rendimiento y la eficiencia de las tecnologías y capacidades ofrecidas por el hiperescalador. Una vez que todo el porfolio se encuentra funcionando a pleno rendimiento en la nube, es hora de aplicar técnicas de optimización de costes, implementar mecanismos de escalabilidad y aprovechar las capacidades nativas de la nube, como el autoservicio, la elasticidad y la orquestación automatizada. Pese a que el proyecto de migración acaba en este punto, es esencial comprender que el proceso de optimización no es puntual, sino constante. La organización debe revisar periódicamente como mejorar y obtener el máximo valor de las opciones que ofrece el hiperescalador.

### **2.1.2 CLOUD SUITABILITY ANALYZER**

El *Cloud Suitability Analyzer* (CSA) es una herramienta desarrollada por VMware cuyo objetivo es facilitar la evaluación y el análisis de aplicaciones pensadas para migrarse a la nube (Woods, 2021). Al aprovechar la automatización y algoritmos inteligentes, el CSA agiliza el proceso de evaluación del porfolio, eliminando en gran medida la necesidad de algunos procesos manuales.

La herramienta funciona escaneando el código fuente de cada aplicación del porfolio con el objetivo de recabar toda la información técnica disponible. Después, otorga a cada aplicación una puntuación del 1 al 10 basándose en la información obtenida: número de líneas de código, lenguajes de programación utilizados, número y tamaño de los ficheros, etc. Esta puntuación sirve como un indicador del nivel de idoneidad Cloud, ayudando a las organizaciones a identificar rápidamente a los candidatos más adecuados para la migración.

Pese a que esta herramienta no ha sido utilizada para la realización del proyecto, sí que ha servido de inspiración para crear parte de la funcionalidad del modelo.

### ***2.1.3 AWS PRESCRIPTIVE GUIDANCE APPLICATION PORTFOLIO ASSESSMENT***

“AWS prescriptive guidance application portfolio assessment” es un documento redactado y ofrecido libremente por AWS (Goncalves et al., 2021). Proporciona una guía completa para implementar una estrategia de evaluación de cartera de aplicaciones para la migración a la nube de AWS. El documento describe las etapas de la evaluación de la cartera y cómo se alinean con las fases de migración de AWS. Estas etapas incluyen el descubrimiento de la cartera y la planificación inicial, la evaluación de aplicaciones priorizadas, el análisis de la cartera y la planificación de la migración, y la evaluación y mejora continuas.

Al contrario que VMware, Amazon no ofrece una herramienta que automatice la evaluación del porfolio de aplicaciones, sino que aporta una metodología polivalente y modular. Esto se debe a que no considera que las empresas vayan a tener las mismas necesidades y consideraciones a la hora de iniciar su camino al Cloud, por lo que una herramienta automática no puede realizar este proceso.



Attribute (data point)	Possible values	Score (0-99)	Importance or relevance multiplying factor
Environment	Test	60	High (1x)
	Development	40	
	Production	20	
Business criticality	Low	60	High (1x)
	Medium	40	
	High	20	
Regulatory or compliance framework	None	60	High (1x)
	FedRAMP	10	
Operating system support	Cloud ready	60	Medium-high (0.8x)
	Unsupported in cloud	10	
Number of compute instances	1-3	60	Medium-high (0.8x)
	4-10	40	
	11 or more	20	
Migration strategy	Rehost	70	Medium (0.6x)
	Replatform	30	
	Refactor, or re-architect	10	

Figura 1. Ejemplo de la metodología de Priorización Estratégica de Migración de AWS

Se ha prestado especial atención al apartado “Prioritization and migration strategy”, en el cual se muestra un sistema para priorizar las aplicaciones a migrar. Como se observa en la Figura 1, este sistema se basa en clasificar a las aplicaciones por atributos (*Attribute*) y sus posibles valores (*Possible Values*). A cada uno de estos valores se le da una puntuación (*Score*), la cual se utiliza para cuantificar el impacto del atributo, que en principio es una variable cualitativa. Adicionalmente, y haciendo uso de un factor de relevancia (*Relevance Multiplying Factor*), se realiza una suma ponderada de las puntuaciones obtenidas de cada atributo.

#### ***2.1.4 IBM ASPERA FILE TRANSFER CALCULATOR***

Aspera es una calculadora de tiempo de transferencia de ficheros desarrollada por IBM. Su objetivo es estimar el tiempo y el coste asociados con la transferencia de archivos de gran tamaño utilizando la tecnología de transferencia de archivos de alta velocidad (IBM, 2023). El uso de esta herramienta permite a las organizaciones planificar y optimizar sus procesos de transferencia de datos de manera eficiente.

La calculadora tiene en cuenta un alto número de factores para calcular el tiempo y el coste de transferencia esperados. Estos factores son el tamaño del archivo, el ancho de banda de la red, la latencia, la pérdida de paquetes y la distancia de transferencia. Al ingresar estos parámetros en la calculadora, los usuarios pueden obtener una estimación del tiempo que tomaría transferir sus archivos y los costos asociados en función de sus condiciones de red específicas.

Pese a que la calculadora se centra en comparar lo eficiente que resulta utilizar Aspera en lugar de la transferencia de datos convencional, lo cierto es que aporta ideas interesantes sobre los factores que inciden en el tiempo total de transferencia a la hora de migrar archivos de gran tamaño.

#### ***2.1.5 ESTRATEGIA DE MIGRACIÓN BASADA EN LAS 6R***

La estrategia de migración basada en las 6R presenta seis posibles enfoques para la migración de las aplicaciones: *Rehost*, *Replatform*, *Refactor*, *Replace*, *Retire* y *Retain* (Orban, 2022; EY, 2022). Cada estrategia tiene sus propias características y objetivos, y se describen a continuación.

***Rehost.*** La aplicación es trasladada directamente al Cloud sin aplicarle ningún cambio significativo. Esta estrategia, también conocida como *Lift & Shift*, permite migrar la aplicación sin apenas dedicarle esfuerzo y tiempo, con el inconveniente de que se obtienen pocas sinergias con la nube.

**Replatform.** La aplicación se migra realizando pequeños o medianos cambios a su arquitectura, pero sin afectar al funcionamiento de la aplicación (código, Framework, APIs...). Por ejemplo, migrando la base de datos a una versión más actualizada o a un servicio de bases de datos autogestionado por el Hiperescalador. Esta estrategia es muy común si algún elemento “no core” de la aplicación es incompatible con la nube o si se quiere optimizar su funcionamiento en el Cloud sin un coste y esfuerzo excesivos.

**Refactor/Rearchitect.** La aplicación se rediseña parcialmente o por completo realizando cambios en la arquitectura, diseño y/o estructura. Esta estrategia tiene como objetivo mejorar el rendimiento, la escalabilidad y la agilidad de la aplicación aprovechando los servicios y tecnologías específicos del hiperescalador. Por ejemplo, se podría convertir una aplicación monolítica en una basada en microservicios, adoptar una arquitectura *serverless* o incorporar otros patrones y prácticas nativos de la nube. La refactorización requiere un esfuerzo y experiencia significativos, pero permite aprovechar al máximo los beneficios del Cloud.

**Replace.** La aplicación se migra a un producto o servicio software diferente, a menudo en forma de software como servicio (SaaS). Esta estrategia, también conocida como *Repurchase*, es muy común en la actualidad, ya que permite reemplazar la funcionalidad de una aplicación existente por otra ya adaptada al Cloud con rapidez, la cual normalmente es gestionada por el proveedor del servicio. En muchos casos, es el propio proveedor el que ofrece las herramientas que ayudan a migrar los datos y la configuración de la aplicación *on-premises* a su plataforma en la nube, lo que reduce costes, tiempo y esfuerzo.

**Retire.** La aplicación se retira directamente del servicio activo debido a que ya no es de utilidad a la organización. Esta estrategia ayuda a reducir costes y simplificar el porfolio TI de cara a la futura migración. Cabe señalar hay aplicaciones que no podrán retirarse nunca del servicio activo ya sea por factores legales o de Cumplimiento.

**Retain.** La aplicación se mantiene *on-premises* sin ningún cambio, ya sea temporal o indefinidamente. La aplicación de esta estrategia puede deberse a múltiples factores, como falta de fondos para la migración, contratos con proveedores de servicios no cancelables o simplemente aplicaciones de poco interés. Cabe señalar que la retención debería ser siempre

la última estrategia por considerar y que las aplicaciones retenidas deben ser reevaluadas de forma periódica de acuerdo con la estrategia Cloud y el Cumplimiento de la organización.

### 2.1.6 CREATE A BUSINESS CASE FOR CLOUD MIGRATION

“Create a business case for cloud migration” es un artículo publicado por Microsoft en el cual se establecen las bases para el correcto desarrollo de un caso de negocio para la migración de las cargas de trabajo a Azure (Ekuan et al., 2023). En él se asegura que no es suficiente con cumplir los requerimientos técnicos para una migración exitosa, sino que se deben alinear con las perspectivas financieras y estratégicas de la organización. Considera esencial recabar todos los costes on-premises (de capital y de operación), además de realizar las estimaciones pertinentes para obtener los costes de transformación (migración) y de operación en el Cloud.

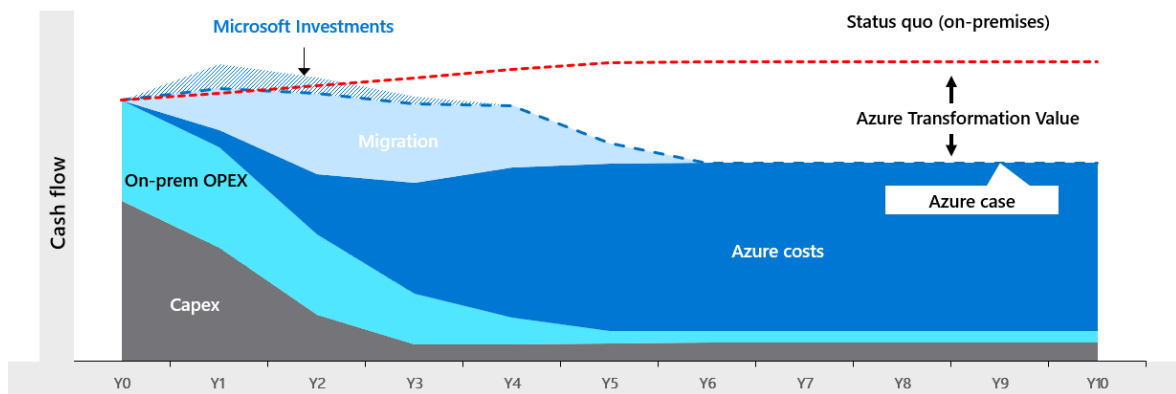


Figura 2. Costes totales considerados en el caso de negocio

Como se puede observar en la Figura 2, Microsoft establece su visión de cómo se puede obtener ahorro en costes TI tras la migración parcial a los servicios de Azure. Así, y sin considerar los *Microsoft Investments*, la fórmula de valor quedaría como:

$$\text{Azure Transformation Value (€)} = \text{Status quo} - \text{Azure case}$$

$$\text{Azure Case (€)} = \text{Migration} + \text{Capex} + \text{OnPrem OPEX} + \text{Azure costs}$$

Este documento aporta una visión diferente sobre el proyecto de migración, alejándolo del ámbito de la ingeniería y acercándolo al financiero. Concibe el caso de negocio como el fin último de las estimaciones de esfuerzos, tiempos y costes, y sirve como punto de referencia para el cálculo de estos.

## **2.2 DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS**

Se han empleado diversas herramientas software para el proyecto.

### **2.2.1 MICROSOFT EXCEL**

Excel es un software de hojas de cálculo que presenta una gran versatilidad para trabajar con una cantidad de datos de tamaño medio (Microsoft 365, 2023). Esto, sumado a su sencillo apartado visual, facilita hacer pequeñas modificaciones rápidamente al tiempo que permite diseñar *dashboards* de alta complejidad, lo cual la hace ideal para desarrollar una herramienta como la propuesta para este proyecto. La licencia del programa se ha obtenido empleando la cuenta de la universidad.

### **2.2.2 CALCULADORAS DE COSTES**

Las calculadoras de costes son herramientas esenciales a la hora de estimar los costes operativos de la infraestructura Cloud. Comúnmente, son los propios hiperescaladores los que ofrecen de forma gratuita las calculadoras de costes, ya que les beneficia que los especialistas en migración tengan el mayor número de facilidades para optar por sus servicios.

Para este proyecto se ha optado por emplear las calculadoras de los dos hiperescaladores más utilizados a nivel mundial: AWS y Microsoft Azure (AWS, 2023; Microsoft Azure, 2023). Ambas herramientas, muy similares en su funcionalidad, permiten a los especialistas explorar y estimar los costes de prácticamente todos los servicios ofrecidos, como el tipo y el número de instancias, los requisitos de almacenamiento, la transferencia de datos y otros parámetros específicos de su carga de trabajo. Después, la calculadora proporciona un desglose de los costes de acuerdo con los servicios y la configuración seleccionados,

incluyendo visibilidad de las tarifas por hora y posibles descuentos. Además, la calculadora tiene la opción de crear, exportar y comparar diferentes escenarios para evaluar el impacto de diferentes configuraciones en los costes operativos totales.

Al proporcionar información transparente sobre los costes, estas calculadoras ayudan a los usuarios a tomar decisiones informadas, planificar sus presupuestos y evaluar la viabilidad financiera del proyecto de migración. Es debido a esto que estas herramientas serán esenciales a la hora de estimar los costes operativos de la infraestructura Cloud.

## **Capítulo 3. METODOLOGÍA Y ORGANIZACIÓN**

En este capítulo se tratará la metodología que se ha seguido en la realización del proyecto y sobre la cual se ha realizado la organización de la memoria.

### **3.1 METODOLOGÍA**

Debido al carácter de este proyecto, este se centrará en las dos primeras fases de la Ruta de Migración (*Migration Path*) de Google (Evaluación y Planificación), las cuales ya se trataron previamente en el apartado 2.1.1. También se incluirán la mayor parte de términos de la Fase de Migración debido a que esta se corresponde con la ejecución del plan de migración. Por su parte, se excluirá toda mención a la Fase de Optimización, ya que sería demasiado compleja de modelizar y alargaría en exceso el proyecto. Adicionalmente, se ha decidido añadir un apartado de Análisis Financiero, el cual se basará íntegramente en los resultados obtenidos de las dos primeras fases.

#### **3.1.1 FASE DE EVALUACIÓN (ASSESSMENT)**

En primer lugar, se decidirán los atributos correspondientes a cada aplicación, cuyos distintos valores serán las variables que guíen el funcionamiento de la simulación (criticidad, estabilidad, número de máquinas virtuales...). En lugar de introducir datos de partida reales, lo cual sería muy complejo en esta situación, se utilizarán datos sintéticos basados en probabilidad. Es decir, se crearán aplicaciones con características artificiales, lo que aportará privacidad y seguridad, control sobre los resultados y reducirá el tiempo dedicado a esta actividad.

A continuación, se realizará un *Cloud Suitability Assessment*, un análisis que ayuda a obtener una idea preliminar de lo idóneo que es el porfolio de aplicaciones de cara a una potencial migración a un hiperescalador. Este análisis se basa en otorgar pesos relativos a los atributos y sus posibles valores con el objetivo de clasificar las aplicaciones cuantitativamente.

Para finalizar, se decide el *Migration Roadmap* de cada aplicación, es decir, el tipo de transformación que recibirá cada aplicación antes de ser migrada al hiperescalador. Esto se realiza a través de un algoritmo de árbol binario (*tree sort*), el cual ayuda a determinar el tipo de migración óptima para la aplicación. Cabe señalar que, según como resulte este análisis, algunas aplicaciones del porfolio permanecerán *on-premises*.

### **3.1.2 FASE DE PLANIFICACIÓN (PLANNING)**

Una vez decidido el *Migration Roadmap* de todo el porfolio, se procede a planificar la migración de las aplicaciones al hiperescalador. Debido a que se trata de un porfolio relativamente amplio, las aplicaciones se dividen en oleadas (*Waves*), las cuales funcionan como una pequeña migración en sí mismas. Adicionalmente se calculará el tiempo de transferencia (*Transfer Time*) de cada oleada, el cual se corresponde con el tiempo requerido para mover todos los datos de las aplicaciones desde el centro de datos *on-premises* al Cloud.

Seguidamente, se procede a estimar los esfuerzos, tiempos y costes de la migración. La Estimación de Esfuerzos sigue los principios establecidos por el *Cloud Suitability Assessment*, con la diferencia de que el primero se centra en la facilidad o complejidad que presenta cada aplicación para ser migrada (y no operada) al hiperescalador. El esfuerzo obtenido se utiliza como input en la Estimación de Tiempos, en cual se utiliza para estimar la duración de cada una de las fases de la migración de cada oleada. Por último, y empleando a su vez los tiempos obtenidos, se realizará la Estimación de Costes de la migración. Adicionalmente, se estimarán los costes operativos de las aplicaciones en el Cloud, lo cual es esencial de cara a la realización del Análisis Financiero.

### **3.1.3 ANÁLISIS FINANCIERO (FINANCIAL ANALYSIS)**

El Análisis Financiero es un estudio documentado acerca de la viabilidad económica de un proyecto. Al contrario que los dos apartados anteriores, este no se corresponde con una fase de migración.

El Análisis financiero de este proyecto se ha concebido como un análisis de viabilidad económica, el cual se ha basa principalmente en los resultados obtenidos de la Estimación



de Costes. Basándose en estos valores, se estiman los flujos de caja del proyecto de migración al completo, incluyendo los Costes de Transformación y los Costes Operativos. Además, estos se comparan con el Statu Quo, es decir, los flujos de caja que tendrían lugar si se decidiera no implementar el proyecto. De esta forma, se pueden comparar ambos y estimar cuál sería el valor real del proyecto (Valor de Transformación).

### **3.2 ORGANIZACIÓN DE LA MEMORIA**

Debido a que este proyecto gira sobre el diseño y creación de la herramienta de migración, se ha decidido estructurar la memoria de una manera poco convencional. En lugar de desarrollar la metodología sobre la que se basa la herramienta, después explicar su funcionamiento y finalmente sus resultados, estos se combinarán, habiendo un componente de cada uno repartido por cada uno de los “módulos” de la herramienta. Estos módulos se corresponden con los distintos apartados de las fases de Evaluación y Planificación, razón por la que se ha considerado mejor estructurar la memoria de esta manera. Pese a que los resultados de cada módulo se irán mostrando paulatinamente dentro de los mismos, esto no quita que exista un apartado al final con las conclusiones del proyecto.

## Capítulo 4. HERRAMIENTA DESARROLLADA

Este capítulo mantiene la estructura sobre la que se ha desarrollado la propia herramienta, de tal forma que la propia memoria pueda servir como la guía de uso. De esta forma, cada uno de los apartados principales se corresponderá con una hoja de cálculo (*sheet*) de Excel.

### 4.1 DATOS DE PARTIDA

Este apartado describe los atributos y la generación de datos sintéticos utilizados como entrada en el modelo.

#### 4.1.1 ATRIBUTOS

A continuación, se enumeran y describen los 16 atributos que posee cada aplicación. Con el objetivo de mostrarlos mejor se han agrupado en 6 categorías:

- General (*General*):
  - Identificador (*ID*)
  - Nombre (*Name*)
- Continuidad del negocio (*Business Continuity*)
  - Criticidad del negocio (*Business Criticality*)
  - Disponibilidad/Puesta en marcha (*Availability/Uptime*)
  - Recuperación ante desastres (*Disaster Recovery*)
  - RPO/RTO (*RPO/RTO*)
  - Regulatorio/Cumplimiento (*Regulatory/Compliance*)
- Adaptabilidad Cloud (*Cloud Readiness*)
  - Código/Framework (*Code/Framework*)
  - Sistema operativo/Base de datos (*OS/Database*)
- Sustitución (*Substitution*)
  - Ciclo de vida (*Lifecycle Stage*)

- Versión SaaS (*SaaS Version*)
- Software (*Software*):
  - Estabilidad (*Stability*)
  - Dependencia software (*Software Dependency*)
- Hardware (*Hardware*)
  - CPU/RAM (*CPU/RAM*)
  - Número de máquinas virtuales (*Number of Hosts (VM)*)
  - Espacio de almacenamiento (*Storage Space (GB)*)

#### **4.1.1.1 General (General)**

Esta categoría engloba los atributos que permiten fácilmente identificar a las aplicaciones. Está formada por dos atributos: *ID* y *Name*.

**ID.** El identificador se trata de un ID único que permite distinguir de forma unívoca una aplicación de las demás. Se asignan de forma creciente desde el *1* en adelante (*1, 2, ..., 100*).

**Name.** El nombre se corresponde con la denominación natural que recibe la aplicación y realiza una función similar a la del *ID*. Al tratarse de aplicaciones inventadas, se ha optado por utilizar nombres propios en inglés (*Ava, Noah, ..., John*).

#### **4.1.1.2 Continuidad del negocio (Business Continuity)**

Esta categoría se refiere a los atributos relacionados con la continuidad del negocio y la capacidad de recuperación de la aplicación en caso de fallos o interrupciones. Está formada por 5 atributos: *Business Criticality*, *Availability/Uptime*, *Disaster Recovery*, *RPO/RTO* y *Regulatory/Compliance*.

**Business Criticality.** La criticidad del negocio indica el nivel de importancia que tiene la aplicación de cara a las operaciones de la organización. A una mayor criticidad, se espera una mayor complejidad a la hora de garantizar una correcta migración a Cloud. Puede presentar cuatro valores, desde el menos crítico (*Tier 4 – Not Critical*) al más crítico (*Tier 1 – Most Critical*).

**Availability/Uptime.** La disponibilidad/puesta en marcha especifica el porcentaje de tiempo que se espera que la aplicación esté accesible y operativa para los usuarios. Al igual que *Business Criticality*, a mayor disponibilidad se espera una mayor dificultad en su traslado a un ecosistema Cloud. De forma pareja, puede presentar cuatro valores, desde el de menor disponibilidad (*Tier 4 - 90,00%*) hasta el de mayor disponibilidad (*Tier 1 - 99,99%*).

**Disaster Recovery.** La recuperación ante desastres refleja el nivel de redundancia que posee la aplicación ante disrupciones totales o parciales en el servicio. Existen tres niveles de redundancia, de menor a mayor nivel:

- Ninguno (*None*): la aplicación no tiene medidas específicas de recuperación ante desastres. En caso de un evento inesperado, se asume que el servicio puede quedar interrumpido durante un periodo de tiempo considerable.
- Activo-Pasivo (*Active-Passive*): la aplicación mantiene un sistema en espera o pasivo, el cual toma el control en caso de que el sistema primario falle. El sistema pasivo permanece inactivo hasta que sea necesario, lo que garantiza una caída del servicio reducida a cambio de un coste adicional.
- Active-Active (*Active-Active*): la aplicación posee un sistema duplicado, el cual se mantiene funcionando simultáneamente al principal. Estos sistemas son capaces de compartir la carga de trabajo y pueden asumir rápidamente las funciones del otro en caso de interrupción en el servicio, lo que asegura un tiempo de inactividad prácticamente inexistente a cambio de unos importantes costes de operación.

**RPO/RTO.** El RPO y el RTO son dos métricas muy utilizadas en el mundo TI combinadas en un solo atributo con el ánimo de simplificar el modelo. Por un lado, el RPO (*Recovery Point Objective*) refleja el volumen de datos que el negocio puede permitirse perder tras ocurrir una interrupción en el servicio. Por el otro, el RTO (*Recovery Time Objective*) indica el tiempo máximo tolerable para que la aplicación vuelva a pleno funcionamiento tras la interrupción. Al igual que la criticidad del negocio (*Business Criticality*), puede presentar cuatro valores, desde el menos estricto (*Tier 4 - Not Critical*) al más estricto (*Tier 1 - Most Critical*).

**Regulatory/Compliance.** La regulación y cumplimiento indican la necesidad que tiene la aplicación de cumplir ciertos requisitos legales o internos de la organización. Con el objetivo de simplificar el complejo marco regulatorio al que una aplicación pueda estar sujeta, este atributo puede reflejar tan solo tres valores:

- Compatible con la nube (*Cloud Compatible*): la aplicación cumple con todos los requisitos regulatorios y de cumplimiento establecidos y es compatible con su ejecución en un entorno Cloud.
- Mantener datos (*Keep Data*): la aplicación es compatible con la nube, pero existe un requerimiento de almacenar sus datos durante un periodo de tiempo específico. Esto significa que la organización debe preservar los datos de aplicación pese a que esta ya haya finalizado su ciclo de vida, ya sea en un entorno Cloud u *on-premise*.
- No compatible con Cloud (*Non-Cloud Compatible*): la aplicación no cumple con los requisitos regulatorios y/o de cumplimiento establecidos para su ejecución en un entorno Cloud. Esto se traduce en que la aplicación se debe mantener en un entorno *on-premises* independientemente de que el resto de los atributos indicasen que pudiera ser migrada a la nube.

#### **4.1.1.3 Adaptabilidad Cloud (Cloud Readiness)**

Esta categoría se refiere a los atributos relacionados con la capacidad que posee la aplicación para adaptarse y funcionar en entornos Cloud. Estos atributos son: *Code/Framework* y *OS/Database*.

**Code/Framework.** El código y el framework especifican cuál es el grado de madurez en el que se encuentran las tecnologías, bibliotecas, APIs y herramientas de desarrollo utilizadas en el desarrollo de la aplicación. Se describen tres niveles de madurez:

- Preparado para la nube (*Cloud Ready*): la aplicación es compatible y está lista para ser migrada en un entorno Cloud.
- Requiere actualizaciones (*Upgrade Required*): la aplicación requiere actualizaciones y/o modificaciones en su código y/o Framework para ser compatible con la nube.

- No compatible con Cloud (*Non-Cloud Compatible*): la aplicación no es compatible con la ejecución en un entorno de nube. En este caso la aplicación no podrá ser llevada a un ecosistema Cloud, independientemente de las modificaciones que se le hagan.

**OS/Database.** El sistema operativo/base de datos describe el nivel de adaptabilidad que tienen el sistema operativo y las bases de datos de la aplicación en un ecosistema Cloud. Este atributo mantiene los mismos niveles que el Código/Framework, con la diferencia de que si la aplicación no es compatible con la nube (*Non-Cloud Compatible*), sí se considera factible su migración a otro sistema operativo y/o base de datos.

#### **4.1.1.4 Sustitución (Substitution)**

Esta categoría se refiere a los atributos relacionados con la sustitución o reemplazo de la aplicación en el futuro. Los atributos incluidos son: *Lifecycle Stage* y *SaaS Version*.

**Lifecycle Stage.** El ciclo de vida representa la etapa actual del ciclo de vida de la aplicación. Esta puede estar en desarrollo (*In Development*), en pleno funcionamiento (*Active*), programada para ser reemplazada por otra aplicación (*To Be Replaced*) o retirada por completo del porfolio TI (*To Be Retired*).

**SaaS Version.** La versión SaaS indica si existe en el mercado una versión *Software as a Service* de la aplicación, normalmente ofrecida por el propio proveedor de la aplicación. Esta tendencia está ganando mucha popularidad en los últimos años al permitir migrar rápidamente la aplicación al Cloud, ya sea al ecosistema propio de la organización o al del proveedor, manteniendo la misma funcionalidad a cambio de una facturación periódica por el servicio prestado.

#### **4.1.1.5 Software (Software)**

Esta categoría se refiere a los atributos relacionados con el software utilizado por la aplicación. Los atributos incluidos son: *Stability* y *Software Dependency*.

**Stability.** La estabilidad de la aplicación refleja el número de *bugs* y *crashes* que reportan los usuarios durante un periodo de tiempo determinado. A una mayor inestabilidad, se espera una mayor complejidad ante una potencial migración a un ecosistema Cloud. Se han establecido tres niveles de estabilidad: alta (*High*), media (*Medium*) y baja (*Low*).

**Software Dependency.** La dependencia software indica si la aplicación posee o no una interrelación funcional con otras aplicaciones del porfolio TI. Por lo general, se tiende a intentar migrar conjuntamente las aplicaciones dependientes entre sí con el objetivo de evitar trabajo adicional. Existen tres grupos de dependencia software, cada uno representado por un color: Rojo (*Red*), Verde (*Green*) y Azul (*Blue*). En caso de que la aplicación no posea dependencias, se identificará con el valor *None*.

#### **4.1.1.6 Hardware (Hardware)**

Esta categoría se refiere a los atributos relacionados con el hardware necesario para soportar la aplicación. Los atributos incluidos son: *CPU/RAM*, *Number of Hosts (VM)* y *Storage Space (GB)*.

**CPU/RAM.** El CPU/RAM describe las características hardware que poseen las máquinas virtuales (VM) sobre las que se soporta la aplicación. Pese a que en un caso real se utilizan máquinas de muchas características según las necesidades concretas de la aplicación, se ha decidido simplificar el atributo de tal forma que solo existirán dos VM: las de uso común (*Standard*) y las de alto rendimiento (*High Performance*).

**Number of Hosts (VM).** El número de máquinas virtuales indica de forma precisa el número de VM que emplea la aplicación. Esto incluye todas las máquinas utilizadas en distintos entornos de trabajo (Desarrollo, Pruebas, Preproducción, Producción...), pero no tiene en cuenta las máquinas que forman parte de los sistemas de recuperación ante desastres (*Active-Active*).

**Storage Space (GB).** Espacio de almacenamiento refleja de forma precisa, en gigabytes (GB), el espacio que utiliza *de facto* la aplicación, y no el tamaño total de los discos duros

asignados a esta. De la misma forma que el *Number of Hosts (VM)*, se incluye el almacenamiento de los distintos entornos de desarrollo.

#### **4.1.2 GENERACIÓN DE DATOS**

Tras haber seleccionado los atributos y todos sus posibles valores, se procede a generar los datos sintéticos, que serán los valores de entrada que se le darán al modelo y que servirán para probar su funcionalidad y realizar ajustes.

Se han utilizado 100 aplicaciones como *input* para el modelo, un número lo suficientemente alto como para obtener resultados interesantes, pero lo suficientemente manejable como para hacer cambios rápidamente en los atributos. Además, este valor es muy práctico para observar los efectos del modelo de forma más sencilla, así como para ayudar a comprender mejor los datos a través de los *dashboards* de forma más visual. Adicionalmente, cabe señalar que los valores introducidos en el modelo son “perfectos”, es decir, que no existe información faltante, errónea o inexacta.

Por la naturaleza de los atributos, estos podrían agruparse como cuantitativos o cualitativos. Para poder crear los datos cuantitativos de acuerdo con la proporción deseada, se ha decidido crear categorías cualitativas, para los dos atributos cuantitativos *Number of Hosts (VM)* y *Storage Space (GB)*. Esto se ha hecho creando unos baremos numéricos para cada uno de los posibles valores, tal y como se describe en la tabla inferior. De esta forma, todos los atributos se pueden tratar como cualitativos, lo que hace mucho más sencillo crear los datos sintéticos y simplifica el uso de las fórmulas empleadas a lo largo del modelo. Los valores utilizados en el modelo se pueden observar en la Tabla 1.

*Tabla 1. Relación entre los valores numéricos y cuantitativos de los atributos cuantitativos.*

QUANTITATIVE ATTRIBUTES		
Qualitative Value	Number of Hosts (VM)	Storage Space (GB)
Low	[1, 4]	[25, 500]
Medium	[5, 10]	[500, 2500]
High	[10, 20]	[2500, 4000]



A continuación, se procede a asignar las probabilidades de aparición. Este proceso se ha realizado con el objetivo en mente de crear un porfolio de aplicaciones fácilmente migrables a Cloud. Es por ello por lo que el número de aplicaciones desarrolladas en un Framework no compatible con un ecosistema Cloud (*Code/Framework = NonCloud Compatible*) es muy reducido frente a la elevada cantidad de aplicaciones en activo (*Lifecycle Stage = Active*). Cabe también señalar que no se ha considerado que existe correlación entre un atributo y los demás, lo cual suele ocurrir en el mundo real. Por ejemplo, si un aplicación funciona sobre un sistema activo-activo (*Disaster Recovery = ActiveActive*), lo normal sería que esta tuviera una alta criticidad de negocio (*Business Criticality = Tier 1 - Most Critical*), pero los datos generados no tienen en cuenta este factor.

Ya discutidos todos los factores involucrados en la generación de los datos, la Tabla 2 refleja los 16 atributos junto con los posibles valores de cada uno y su probabilidad de aparición en los datos:

*Tabla 2. Probabilidad de aparición de los valores de cada atributo*

VALUE PROBABILITY		
Attribute	Value	Probability (%)
<b>Business Criticality</b>	Tier 1 - Most Critical	5%
	Tier 2 - Somewhat Critical	15%
	Tier 3 - Less Critical	30%
	Tier 4 - Not Critical	50%
<b>Availability/Uptime</b>	Tier 1 - 99.99%	5%
	Tier 2 - 99.90%	15%
	Tier 3 - 99.00%	30%
	Tier 4 - 90.00%	50%
<b>Disaster Recovery</b>	None	70%
	Active-Passive	15%
	Active-Active	5%
<b>RPO/RTO</b>	Tier 1 - Most Critical	5%
	Tier 2 - Somewhat Critical	15%
	Tier 3 - Less Critical	30%
	Tier 4 - Not Critical	50%
<b>Regulatory/Compliance</b>	Cloud Compatible	70%

	<b>Keep Data</b>	20%
	<b>Non-Cloud Compatible</b>	10%
<b>Code/Framework</b>	<b>Cloud Ready</b>	90%
	<b>Upgrade Required</b>	5%
	<b>Non-Cloud Compatible</b>	5%
<b>OS/Database</b>	<b>Cloud Ready</b>	65%
	<b>Upgrade Required</b>	30%
	<b>Non-Cloud Compatible</b>	5%
<b>Lifecycle Stage</b>	<b>In Development</b>	5%
	<b>Active</b>	75%
	<b>To Be Replaced</b>	10%
	<b>To Be Retired</b>	10%
<b>SaaS Version</b>	<b>None</b>	90%
	<b>Available</b>	10%
<b>Stability</b>	<b>High</b>	60%
	<b>Medium</b>	30%
	<b>Low</b>	10%
<b>Software Dependency</b>	<b>None</b>	50%
	<b>Red</b>	15%
	<b>Green</b>	25%
	<b>Blue</b>	10%
<b>CPU/RAM</b>	<b>Standard</b>	85%
	<b>High Performance</b>	15%
<b>Number of Hosts (VM)</b>	<b>Low</b>	65%
	<b>Medium</b>	25%
	<b>High</b>	10%
<b>Storage Space (GB)</b>	<b>Low</b>	55%
	<b>Medium</b>	30%
	<b>High</b>	15%

## **4.2 ANÁLISIS DE IDONEIDAD CLOUD (CLOUD SUITABILITY ASSESSMENT)**

El Análisis de Idoneidad Cloud (*Cloud Suitability Assessment*) es el nombre que recibe el estudio previo que se realiza antes de dar el visto bueno a la realización del plan de migración. Este análisis genera una idea preliminar de lo idóneo que es el porfolio de aplicaciones de cara a una potencial migración a un hiperescalador, siendo sus resultados clave a la hora de determinar si el proyecto debe ejecutarse. Es importante recalcar que este

análisis no se fija exclusivamente en el proceso de migración en sí, sino también cómo de compleja (y, por tanto, costosa) sería la operación de las cargas en Cloud.

Cabe señalar que este módulo se ha desarrollado a partir de las ideas de los apartados 2.1.2 y 2.1.3.

#### **4.2.1 OBTENCIÓN DE LAS PUNTUACIONES (CLOUD SUITABILITY SCORES)**

El *Cloud Suitability Assessment* consiste en obtener una puntuación de Idoneidad Cloud de cada aplicación basándose en las características técnicas de la misma. En primer lugar, se establece la importancia relativa entre los Atributos (*Attributes*), de tal forma que unos tengan un mayor Peso (*Weight*) que los demás. A continuación, se decide la Puntuación (*Score*) que obtendrá cada posible Valor (*Value*) de cada uno de los Atributos. Con estos valores, se obtiene la Puntuación Ponderada (*Weighted Score*) de cada Aplicación. Para finalizar, se normalizan los Valores obtenidos, obteniéndose los *Cloud Suitability Scores* (*CSS*).

Tras haber recopilado toda la información del porfolio de aplicaciones, se deben discutir cuáles son los Atributos que se consideran más relevantes. Esto dependerá del caso concreto de la organización (industria/sector, estrategia TI, etc.), y no deben generalizarse. De acuerdo con lo decidido, se establece un Factor de Relevancia o Peso (*Relevance Factor/Weight*) que relativice de forma matemática cada Atributo. De cara al modelo, se ha utilizado una escala que permite establecer el Peso de cada Atributo en un rango entre 0 (sin importancia) y 5 (máxima importancia). Por ejemplo, el tipo de máquinas virtuales que emplee la Aplicación no es especialmente relevante de cara a una migración ( $Weight(CPU/RAM) = 1$ ), mientras que la compatibilidad del código con los entornos Cloud es esencial ( $Weight(Code/Framework) = 5$ ).

A continuación, cabe decidir qué Puntuación (*Score*) recibe cada posible Valor dentro de cada Atributo. Dado que algunos Valores serán perjudiciales para la migración y otros beneficiosos, se ha utilizado una escala con valores negativos y positivos ubicados en el rango entre -5 (muy negativo) y 5 (muy positivo) pasando por el 0 (neutro). Por ejemplo,

una alta estabilidad será beneficiosa de cara a la potencial migración a la nube de la Aplicación ( $Score(AppStability) = 3$ ), pero una muy reducida jugará en su contra ( $Score(AppStability) = -2$ ).

De esta forma, la Puntuación de cada Atributo  $i$  de cada Aplicación  $j$  se obtendría como:

$$Weighted\ Score_{i,k} = Weight_i * Score_{i,k}$$

Ya obtenidas las puntuaciones de los atributos, bastaría con sumarlas para obtener la Puntuación Ponderada (*Weighted Score*) de la aplicación:

$$X_j = Weighted\ Score_j = \sum_i Weighted\ Score_{i,j}$$

#### **4.2.2 NORMALIZACIÓN**

Dado que estas Puntuaciones tendrán valores muy diversos y difíciles de comprender (positivos/negativos, muy elevados/muy reducidos...), se procede a realizar una normalización de los datos. Pese a que hay numerosas formas de ejecutar esta normalización, se ha decidido acotar los resultados entre 0 y 10 empleando los dos métodos más sencillos: utilizando los mínimos y máximos relativos y los mínimos y máximos absolutos.

En primer lugar, el *Relative Cloud Suitability Score (Relative CSS)* se obtiene utilizando como mínimo y máximo el *Weighted Score* más bajo y alto de la muestra utilizada, respectivamente. Así:

$$Relative\ CSS_j = 10 * \frac{X_j - X_{RealMin}}{X_{RealMax} - X_{RealMin}}$$

Esta normalización ofrece una visión clara de la idoneidad Cloud de una aplicación respecto a las demás, lo que deja ver fácilmente cuales son las mejores aplicaciones de cara a una potencial migración Cloud. El principal inconveniente es que genera un sesgo muy fuerte que crea una imagen distorsionada del porfolio de aplicaciones. Por ejemplo, si una aplicación es especialmente problemática para ser migrada respecto a las demás, su CSS será

escogido como mínimo y hará parecer al resto de aplicaciones mucho mejores de cara a su migración al Cloud de lo que realmente son. Como es lógico, esto ocurriría de forma similar si existiera una aplicación con un *Score* especialmente bueno.

En segundo lugar, el *Absolute Cloud Suitability Score (Absolute CSS)* toma como mínimo y máximo el menor y mayor valor teórico posible. Esto significa que el mínimo empleado en la normalización se ha obtenido tomando como base la peor aplicación posible para ser migrada, es decir, la que tiene los valores de los atributos con una menor puntuación. De forma simétrica, el máximo utilizado se obtiene de la mejor aplicación posible, es decir, la que tiene los valores más altos. De esta forma:

$$Absolute\ CSS_k = 10 * \frac{X_k - X_{TheoMin}}{X_{TheoMax} - X_{TheoMin}}$$

Este método reduce la distorsión generada por el *Relative CSS*, pero no permite que haya valores muy cercanos a los extremos. Esto se debe a que la probabilidad de que existan aplicaciones que cumplan todas las características “buenas” o “malas” es muy baja, concentrando la mayor parte de los valores sobre el centro de la escala.

Debido a que ambas normalizaciones tienen virtudes y defectos opuestos, se ha decidido utilizar también la media de ambas, el *Average Cloud Suitability Score (Average CSS)*. Así:

$$Average\ CSS_k = \frac{Relative\ CSS_k + Absolute\ CSS_k}{2}$$

Esta media permite compensar ambas medidas con el objetivo de mostrar una imagen lo más fiel posible a la realidad, aunque el *CSS Relative* y el *CSS Absolute* siguen siendo útiles. El primero muestra claramente las diferencias entre las propias aplicaciones del portfolio, mientras que el segundo sirve para comparar las aplicaciones respecto a las “ideales”.

### **4.2.3 RESULTADOS**

A continuación, se procede a mostrar los resultados obtenidos del *Cloud Suitability Assessment* tras introducir los datos en la simulación.

En primer lugar, la Tabla 3 muestra los Pesos y las Puntuaciones seleccionados para cada Atributo y Valor respectivamente. Respecto a los resultados, se adjuntan una tabla y dos figuras. La

Tabla 4 refleja los resultados de estadística descriptiva, mientras que la Figura 3 muestra un histograma donde los resultados quedan distribuidos del 0 al 10 tras aplicar un redondeo sin decimales, de tal forma que se aprecien perfectamente el número de aplicaciones por cada valor. Adicionalmente, la Figura 4 muestra los mismos valores tras aplicar un formato diferente de líneas, el cual ayuda a apreciar mejor la forma de la distribución.

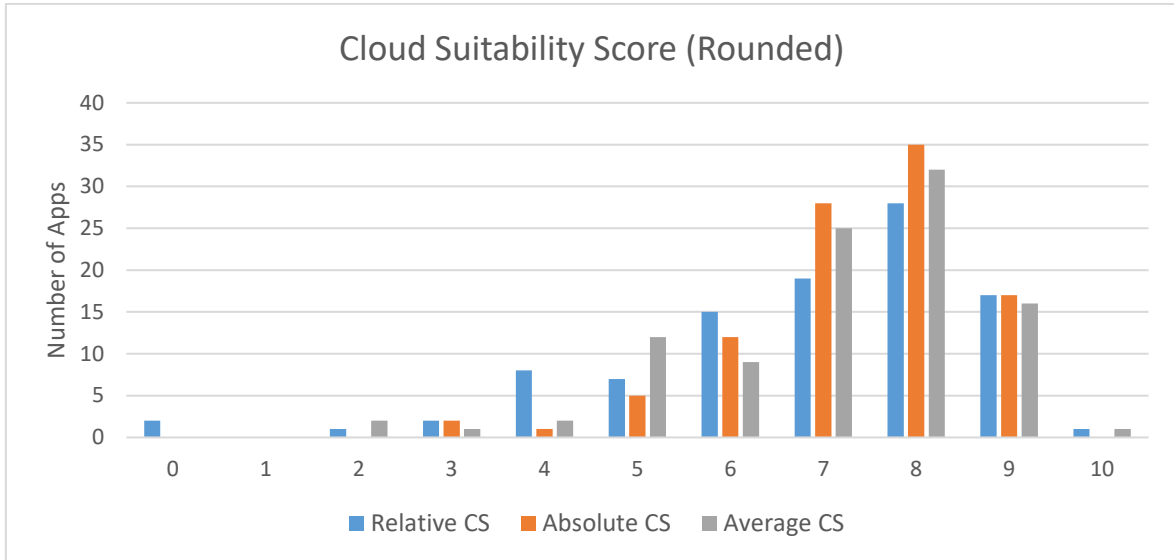
*Tabla 3. Pesos (Weights) y puntuaciones (Scores) del Cloud Suitability Scores*

CLOUD SUITABILITY SCORE			
Attribute	Value	Weight (0,5)	Score (-5,5)
Business Criticality	Tier 1 - Most Critical	3	-2
	Tier 2 - Somewhat Critical		-1
	Tier 3 - Less Critical		1
	Tier 4 - Not Critical		2
Availability/Uptime	Tier 1 - 99.99%	4	3
	Tier 2 - 99.90%		2
	Tier 3 - 99.00%		1
	Tier 4 - 90.00%		0
Disaster Recovery	None	1	0
	Active-Passive		1
	Active-Active		1
RPO/RTO	Tier 1 - Most Critical	1	-2
	Tier 2 - Somewhat Critical		-1
	Tier 3 - Less Critical		1
	Tier 4 - Not Critical		2
Regulatory/Compliance	Cloud Compatible	2	3
	Keep Data		1
	Non-Cloud Compatible		-5
Code/Framework	Cloud Ready	5	3
	Upgrade Required		1
	Non-Cloud Compatible		-5
OS/Database	Cloud Ready	4	3
	Upgrade Required		1
	Non-Cloud Compatible		-5
Lifecycle Stage	In Development	5	-5

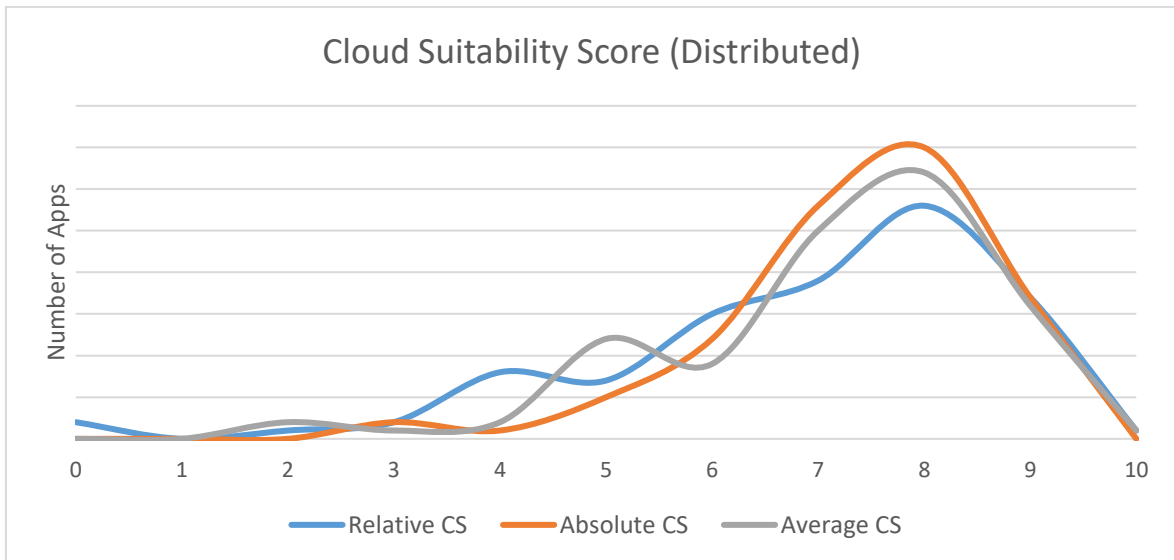
	Active		3
	To Be Replaced		3
	To Be Retired		-5
SaaS Version	None Available	4	-1 3
Stability	High Medium Low	5	3 1 -2
Software Dependency	None Red Green Blue	2	3 -2 -2 -2
CPU/RAM	Standard High Performance	1	0 -1
Number of Hosts (VM)	Low Medium High	0	0 0 0
Storage Space (GB)	Low Medium High	0	0 0 0

*Tabla 4. Resultados de estadística descriptiva del Cloud Suitability Assessment*

DESCRIPTIVE STATISTICS			
Parameter	Relative CSS	Absolute CSS	Average CSS
Average	6,85	7,34	7,09
Median	7,31	7,63	7,47
Mode	7,50	7,75	7,63
Standard Deviation	1,90	1,20	1,55
Variance	3,59	1,43	2,39
Kurtosis	1,93	1,93	1,93
Skewness	-1,20	-1,20	-1,20
Range	10,00	6,32	8,16
Minimum	0,00	3,01	1,51
Maximum	10,00	9,33	9,67



*Figura 3. Histograma de Cloud Suitability Scores*



*Figura 4. Cloud Suitability Scores “suavizados”*

Los resultados más relevantes han sido:



- La media (*Average*) es significativamente diferente (0,50 puntos) entre el *Relative CSS* y el *Absolute CSS*, mientras que la mediana es algo más parecida (0,35 puntos de diferencia). Esto no se aprecia con facilidad en ninguna de las gráficas superiores.
- La diferencia entre la varianza (*Variance*) relativa y la absoluta es muy elevada, siendo la relativa la mayor (3,58 contra 1,43). Esto es fácilmente observable en las gráficas, donde los CSS de la absoluta están mucho más agrupados.
- Ambas distribuciones muestran idénticos valores de curtosis (*Kurtosis*) y asimetría (*Skewness*). El primer estadístico indica que los valores están muy agrupados, superando los de la distribución gaussiana ( $Kurtosis > 1$ ), mientras que el segundo sugiere nuestros valores se encuentran desplazados hacia la derecha de la gráfica ( $Skewness < 0$ ). Esto es lo esperable debido a que los datos de entrada estaban pensados para dar como resultado un porfolio de aplicaciones fácil de migrar.
- Los valores mínimo y máximo de la muestra tienen un enorme peso a la hora de realizar el *Relative CSS*. Dado que estos valores se han obtenido de forma “aleatoria”, es de esperar que una muestra de datos de características similares pudiera dar resultados completamente diferentes.
- Los efectos de la media (*Average CSS*) dejan una distribución más parecida en forma a la absoluta que a la relativa, aunque ligeramente más desplazada hacia la izquierda.

### **4.3 MAPA DE MIGRACIÓN (MIGRATION ROADMAP)**

Tras finalizar el *Cloud Suitability Assessment* y obtener el visto bueno de los responsables, se procede a planificar la migración. El primer paso es obtener la ruta o estrategia de migración (*Migration Roadmap/Strategy*) de cada una de las aplicaciones. Es en esta fase cuando se decide el destino de cada aplicación de cara a la futura ejecución de la migración al hiperescalador. Pese a que existen numerosos marcos de trabajo, se empleará como base la estrategia de las 6R, tal y como se desarrolló en el apartado 2.1.5.

### ***4.3.1 IMPLEMENTACIÓN DE LAS 6R***

Ya definida la metodología de migración, se procede a definir la lógica empleada en la herramienta. Esta lógica se basa en un algoritmo de árbol de decisión, el cual toma los valores de los atributos de la aplicación y la clasifica dentro de una de las seis estrategias de migración. Cabe señalar que solo se utilizarán cinco atributos como parámetros de entrada: *Regulatory/Compliance, Code/Framework, OS/Database, Lifecycle Stage* y *SaaS Version*.

Pese a que se trata de un simple árbol de decisión (devuelve “sí” o “no” a cada iteración), el alto número de atributos y de posibles valores que pueden tener hace que sea bastante complicado observar a simple vista qué *R* le corresponde a cada aplicación. Es por ello por lo que se ha decidido incluir la Figura 5, la cual muestra visualmente el funcionamiento del algoritmo.

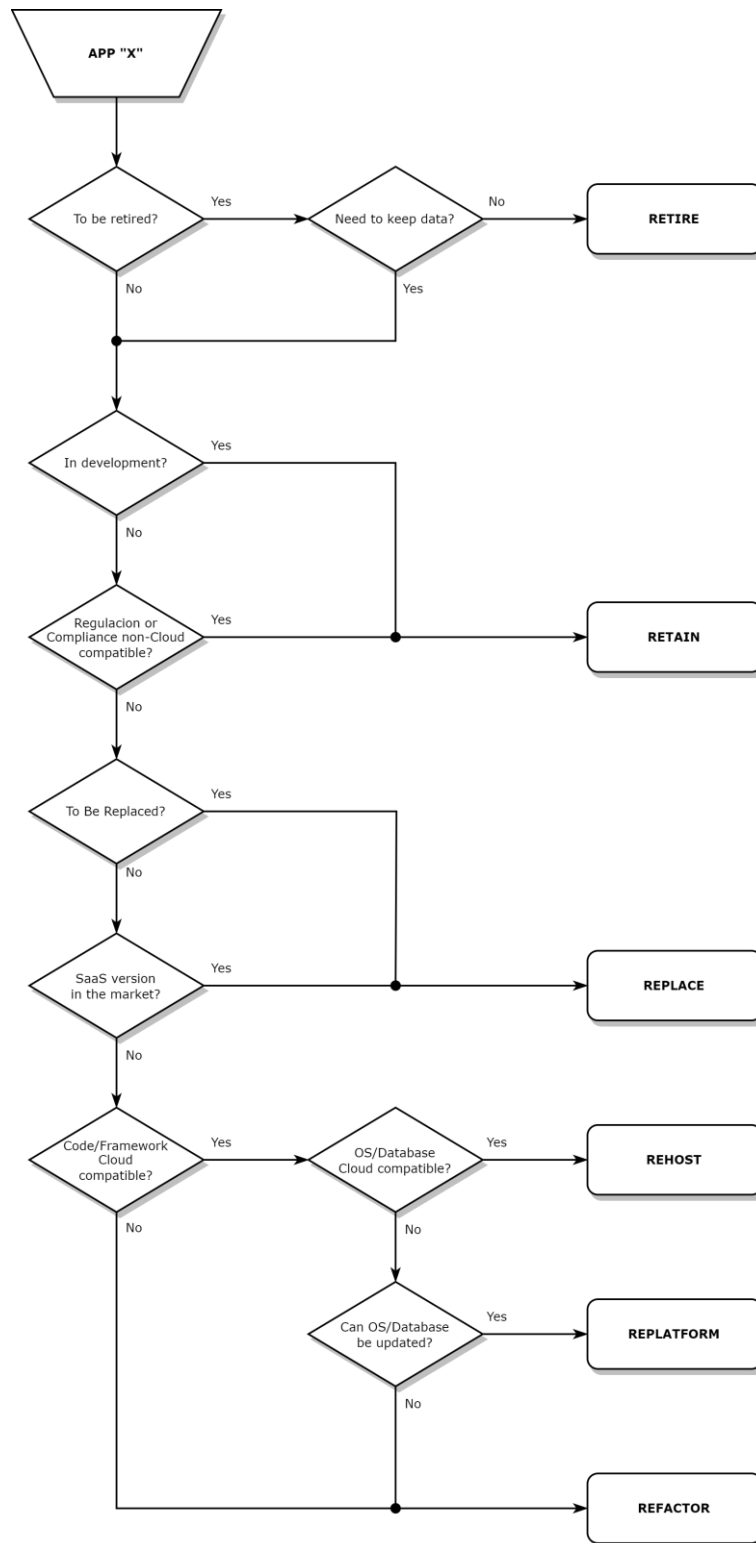


Figura 5. Diagrama de flujo del algoritmo de clasificación

En primer lugar, el algoritmo comienza por desechar las aplicaciones que se quedarán fuera del proyecto de migración (*Out of Scope*), es decir, las que se retirarán del servicio activo (*Retire*) y las que permanecerán *on-premises* (*Retain*). Por un lado, las aplicaciones se retirarán solo si el Cumplimiento permite la eliminación de los datos (*Lifecycle Stage = To Be Retired, Regulatory/Compliance ≠ Keep Data*). Por el otro, permanecerán en servidor las aplicaciones en desarrollo (*Lifecycle Stage = In Development*) y/o las no aptas para ser llevadas a un Cloud (*Regulatory/Compliance = NonCloud Compatible*).

A continuación, se tratan las aplicaciones incluidas dentro del alcance del proyecto (*In Scope*), es decir, las que se clasificarán como *Replace, Rehost, Replatform* o *Refactor*. Se ha decidido que se reemplacen todas las aplicaciones con versión SaaS disponible (*SaaS Version = Available*), además de las marcadas para reemplazarse (*Lifecycle Stage = In Development*). Esto es debido a que se considera que la prioridad de la compañía es reducir la carga operativa de su equipo TI y la dependencia *on-premises* en lo posible, independientemente de si se pudieran seguir una de las otras tres estrategias disponibles.

Para finalizar, la estrategia de migración se decide con el objetivo de reducir los recursos dedicados a la migración (*least effort*). De base, se intentará migrar la aplicación de acuerdo con una estrategia *Lift & Shift (Rehost)*. Esto solo será posible si el Framework y las versiones del SO y BD están preparadas para ser llevadas al Cloud (*Code/Framework = Cloud Ready, OS/Database = Cloud Ready*). En caso de que la aplicación requiera una actualización de las versiones (*OS/Database = "Upgrade Required"*), se tratará de un *Replatform*. En el caso más desfavorable, es decir, si el código y/o Framework requieren modificaciones, esta última estrategia no será posible y será necesario realizar un *Refactor*. Cabe señalar que, por lo general, si una aplicación es demasiado compleja de refactorizar, esta se suele dejar *on-premises* o se reemplaza, pero con el objetivo de simplificar el ejercicio se ha decidido obviar estos casos.

### 4.3.2 OLAS DE MIGRACIÓN (MIGRATION WAVES)

Ya decido el algoritmo del *Migration Roadmap*, se organizan las aplicaciones en grupos, conocidos como Olas u Oleadas de Migración. Estructurar la migración en oleadas permite administrar mejor los recursos de la organización, limitando el alcance y mejorando los resultados. De esta forma, cada ola se comporta como una pequeña migración.

Existen numerosos criterios que seguir a la hora de agrupar las aplicaciones. Estos dependen directamente de las necesidades previstas por la organización durante el periodo en el que va a tener lugar cada oleada: recursos financieros, personal, Cumplimiento de las aplicaciones, etc. En este caso, la clasificación se ha hecho en base a únicamente dos criterios: la dependencia funcional entre aplicaciones (*Software Dependency*) y la Ruta de Migración (*Migration Roadmap*) obtenido en el paso anterior. Por un lado, es muy común migrar aplicaciones dependientes, ya que reduce la carga de trabajo de los técnicos al evitar problemas de comunicación entre las aplicaciones. Por el otro, agrupar las aplicaciones con la misma estrategia de migración permite reunir mejor los recursos, especialmente de personal y financieros, a la hora de ejecutarse la oleada.

A continuación, la Tabla 5 y la Tabla 6 muestran la lógica seguida en la simulación para la creación de las oleadas:

Tabla 5. Grupos de Dependencia

DEPENDENCY GROUPS		
Migration Group	Software Dependency	Migration Path
A	Red	Various
B	Green	Various
C	Blue	Various
D	None	Replace
E	None	Rehost
F	None	Replatform
G	None	Refactor

Tabla 6. Oleadas de migración

WAVES	
Wave	Migration Group
1	E
2	A, F
3	B
4	C, D, G

En primer lugar, se crean los Grupos de Migración (*Migration Groups*), que asignan una letra del abecedario de acuerdo con una característica común. Los tres primeros grupos (*A*, *B* y *C*) se corresponden con un tipo de dependencia software (*Red*, *Green* y *Blue*, respectivamente), mientras que los cuatro últimos (*D*, *E*, *F* y *G*) se identifican con cada una de las estrategias *In Scope* (*Replace*, *Rehost*, *Replatform* y *Refactor*, respectivamente), siempre y cuando estas aplicaciones no tengan ninguna dependencia software (*Software Dependency = None*). A continuación, se juntan los *Migration Groups* en oleadas de acuerdo con los criterios seleccionados. En este caso se ha decidido agruparlos en cuatro oleadas de tal manera que el número de aplicaciones resultante de cada una sea similar. Respecto al orden elegido, se ha intentado asignarlas de tal forma que la dificultad sea escalonada. De esta forma, la *Wave 1*, que incluye todas las aplicaciones *Rehost* independientes, sirve para alcanzar madurez Cloud con el menor esfuerzo, aportando madurez Cloud y otorgando experiencia al equipo encargado de la migración. Por su parte, las otras tres oleadas incluyen cada una un grupo de dependencia diferente (*Red*, *Green* y *Blue*, respectivamente), además de repartirse entre la *Wave 2* y *Wave 4* las aplicaciones *Replatform* y *Refactor* independientes, respectivamente.

#### 4.3.3 TIEMPO DE TRANSFERENCIA (TRANSFER TIME)

El tiempo de transferencia es el que se necesita para migrar los datos en bruto de una aplicación. Este parámetro depende principalmente de dos valores: el tamaño en bruto de los datos de cada aplicación (*DataSize*), medido normalmente en Gigabytes o Terabytes, y el ancho de banda máximo permitido para migraciones en las instalaciones *on-premises*

(*MigrationBW*). Adicionalmente, se ha añadido un parámetro que refleja el error en la estimación y otros problemas que pudieran surgir durante la migración de los datos (*DeviationFactor*). Así:

*Transfer Time (days)*

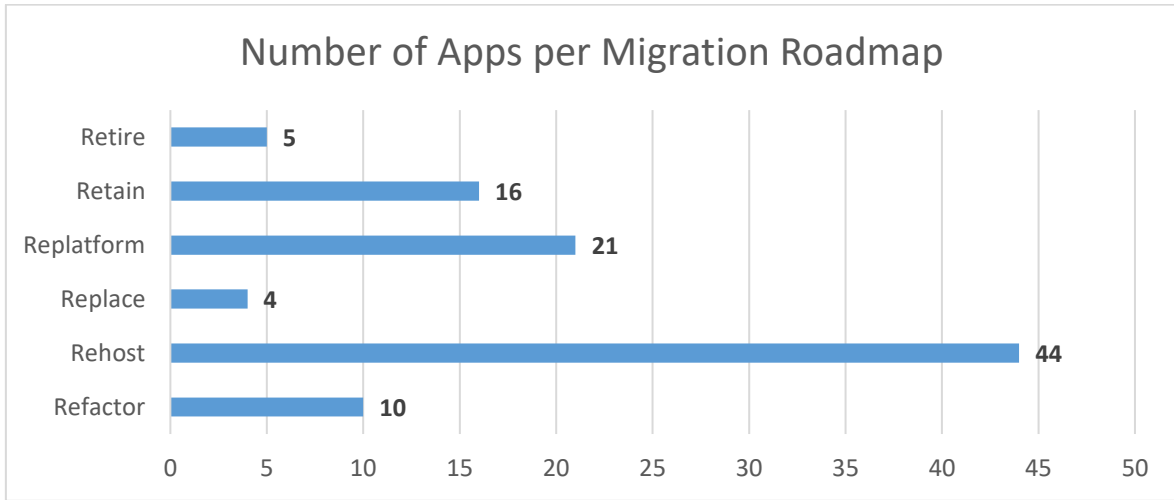
$$= \frac{DataSize (TB) * \frac{8000 Mb}{GB} * \frac{1000 GB}{TB}}{MigrationBW \left(\frac{mb}{s}\right) * \frac{3600 s}{hour} * \frac{24 hour}{day}} * (1 + DeviationFactor)$$

Como se puede observar, el tiempo de transferencia depende linealmente del tamaño de los datos, ya que el resto de los parámetros son constantes. Por último, cabe señalar que se ha utilizado el contenido del apartado 2.1.4 como inspiración para la obtención de esta fórmula.

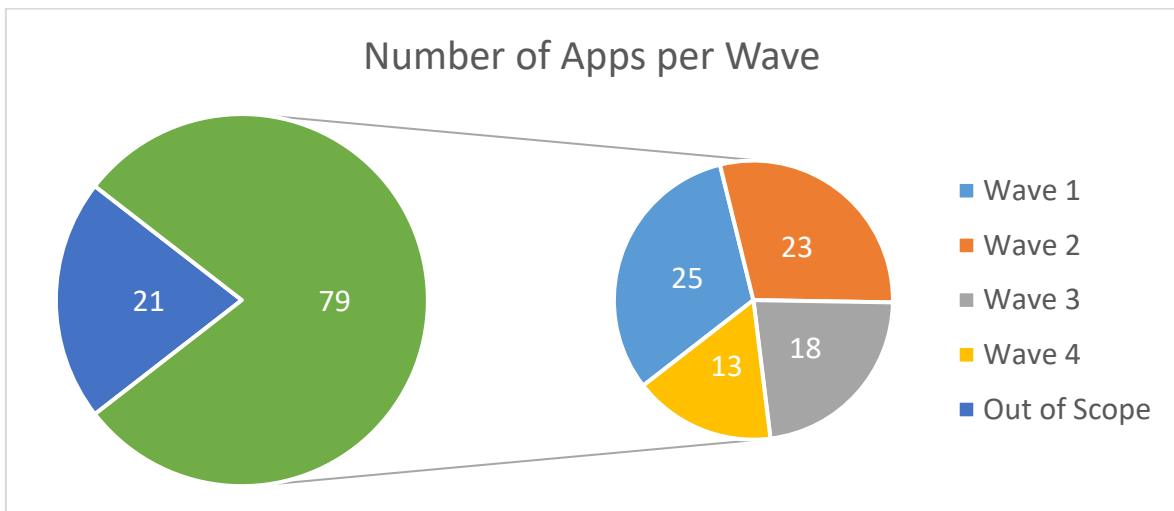
#### **4.3.4 RESULTADOS**

A continuación, se procede a mostrar los resultados obtenidos del *Migration Path* tras introducir los datos en la simulación.

En primer lugar, la Figura 6 recoge el número de aplicaciones por tipo de estrategia de migración (estrategia de las 6 R). A continuación, se muestra la información agrupada por oleadas, primero por número de aplicaciones (Figura 7), después por la estrategia de migración elegida (Figura 8) y, finalmente, por el tamaño de los datos en bruto y el Tiempo de Transferencia de estos (Figura 9).

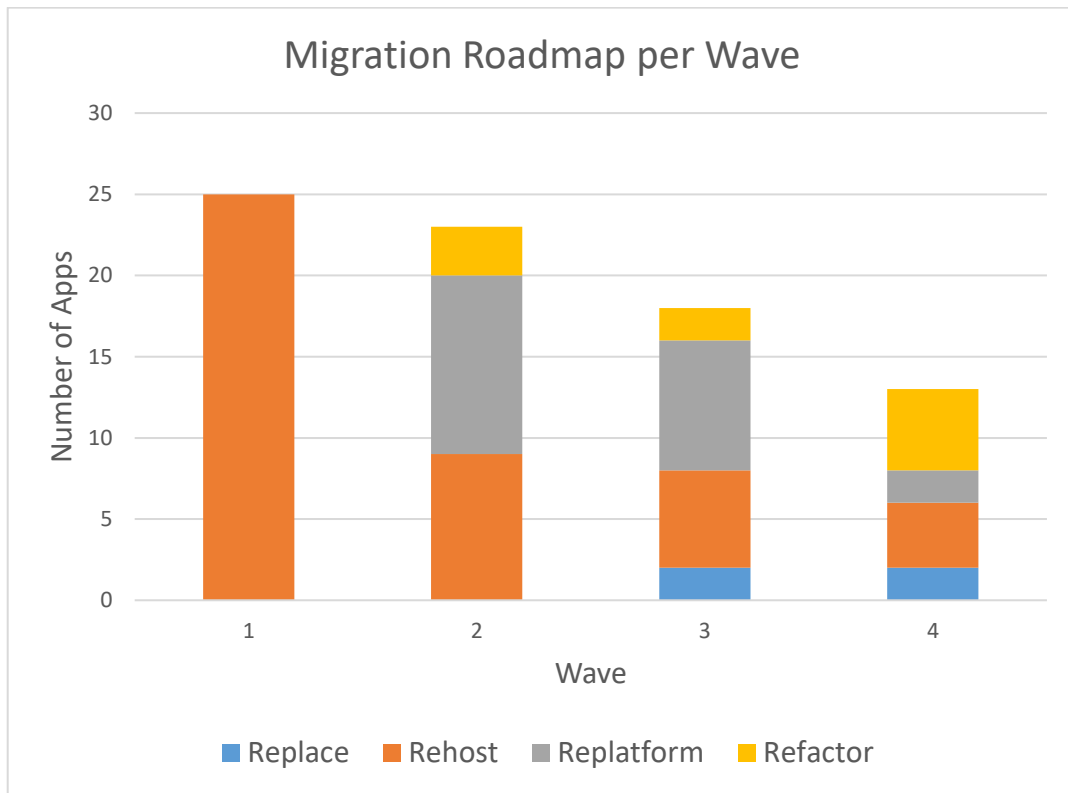


*Figura 6. Numero de aplicaciones por estrategia de migración*

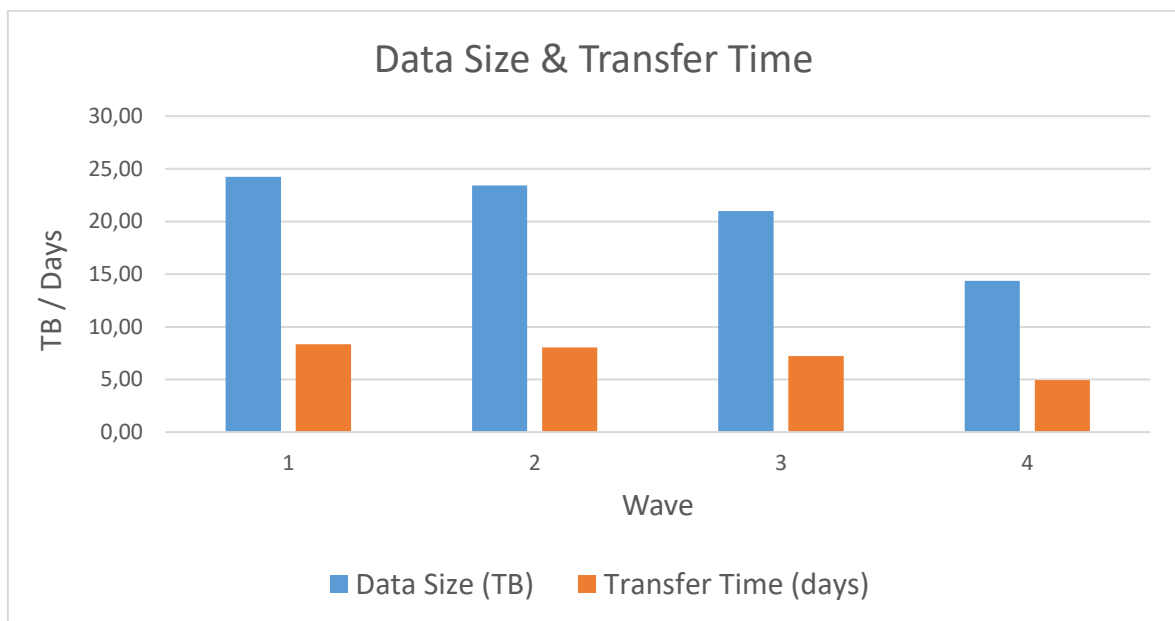


*Figura 7. Numero de aplicaciones por Oleada*





*Figura 8. Estrategia de migración por Oleada*



*Figura 9. Datos en bruto (en TB) y Tiempo de Transferencia por Oleada (en días)*

Los resultados más relevantes han sido:

- Los datos sintéticos utilizados y el tipo de algoritmo seleccionado han dado como resultado que casi la mitad de las aplicaciones sean *Rehost* (un 44%). También son de mención las estrategias de *Replatform*, *Retain* y *Refactor*, con un 65, un 16% y un 10%, respectivamente. Como casos anecdóticos quedarían los dos últimos, *Retire* y *Replace*, con un 5 y 4%, respectivamente.
- Queda fuera del alcance del proyecto (*Out of Scope*) el 21% del portfolio, mientras que el otro 79% se reparte entre las cuatro olas de migración. Adicionalmente, cabe señalar que, pese a que el número de aplicaciones por oleada es muy similar, la *Wave 4* incluye menos del 17% del portfolio. En el punto contrario se encuentra la *Wave 1*, que abarca casi el 32%. Esto se debe a que este último grupo aglutina todas las aplicaciones *Rehost* sin dependencias, que ha sido ampliamente beneficiado por los datos introducidos y el algoritmo.
- Se puede concluir que existe una relación lineal entre el tiempo de transferencia y el número de aplicaciones por ola, tal y como reflejan la comparación entre la *Wave 1* y *4*.
- Aunque se trate de un caso anecdótico, no hay ninguna aplicación de estrategia *Replace* en el portfolio del *Wave 2* pese a que el algoritmo lo permite.

#### **4.4 ESTIMACIÓN DE ESFUERZOS, TIEMPOS Y COSTES**

Tras haber clasificado las aplicaciones del portfolio a través del algoritmo basado en la estrategia de las 6 R, es el momento de estimar los recursos de personal, tiempo y dinero necesarios para ejecutar de la migración. En primer lugar, la estimación de esfuerzos nos revelará la complejidad de llevar a cabo la migración de cada aplicación *in scope* basándose en los valores de sus atributos y la estrategia de migración resultante del ejercicio anterior. A continuación, se extrapolará el número de días de trabajo necesarios que requerirá cada aplicación, lo que servirá en última instancia para calcular el coste de migración de cada una de ellas.

#### 4.4.1 ESTIMACIÓN DE ESFUERZOS (EFFORT ESTIMATION)

La estimación de esfuerzos nos da un valor cuantitativo de cómo de compleja será la migración de una aplicación basándose en los atributos (cualitativos) de la misma. Este cálculo es idéntico al del Análisis de Idoneidad (*Cloud Suitability Assessment*), por lo que la explicación de este no se repetirá. Cabe señalar que, por razones lógicas, no se incluirán en la estimación las aplicaciones *Out of Scope* y que los pesos (*Weight*) y las puntuaciones (*Score*) empleados serán diferentes.

Como es lógico, no todos los atributos afectan de la misma forma al esfuerzo. Por ejemplo, el Cumplimiento (*Regulatory/compliance*) no tiene ningún peso en la ejecución de la migración, ya que solo se migrarán las aplicaciones compatibles con Cloud. De forma opuesta, la necesidad de montar un sistema Activo-Activo para la recuperación ante desastres (*Disaster Recovery*) supone un esfuerzo añadido a los especialistas técnicos.

##### 4.4.1.1 Resultados

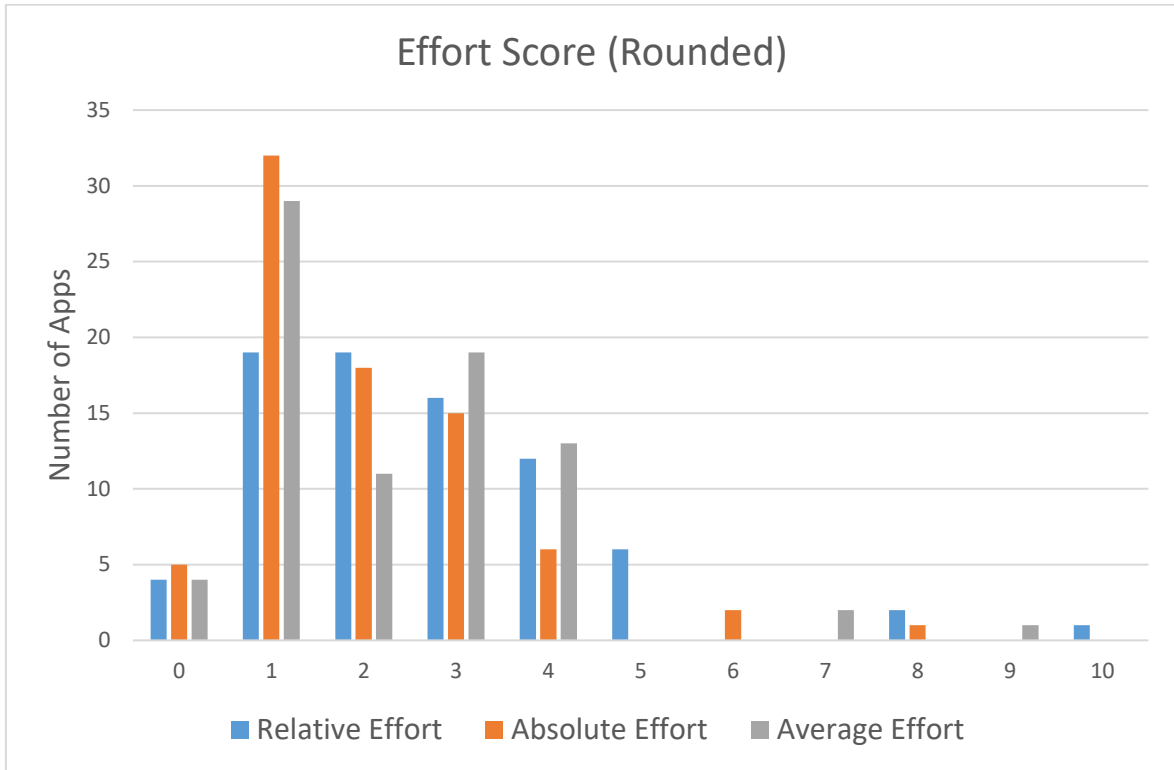
A continuación, se procede a mostrar los resultados obtenidos del *Effort Estimation* tras introducir los datos en la simulación.

En primer lugar, y al igual que con el *Cloud Suitability Score*, Tabla 7 muestra los pesos y las puntuaciones seleccionados. A continuación, se incluyen dos figuras. Por un lado, la Figura 10 muestra los resultados distribuidos del 0 al 10 tras aplicar un redondeo sin decimales, de tal forma que se aprecien perfectamente el número de aplicaciones por cada valor. Por el otro, a la Figura 11 se le ha aplicado un formato diferente, el cual ayuda a apreciar mejor la forma de la distribución.

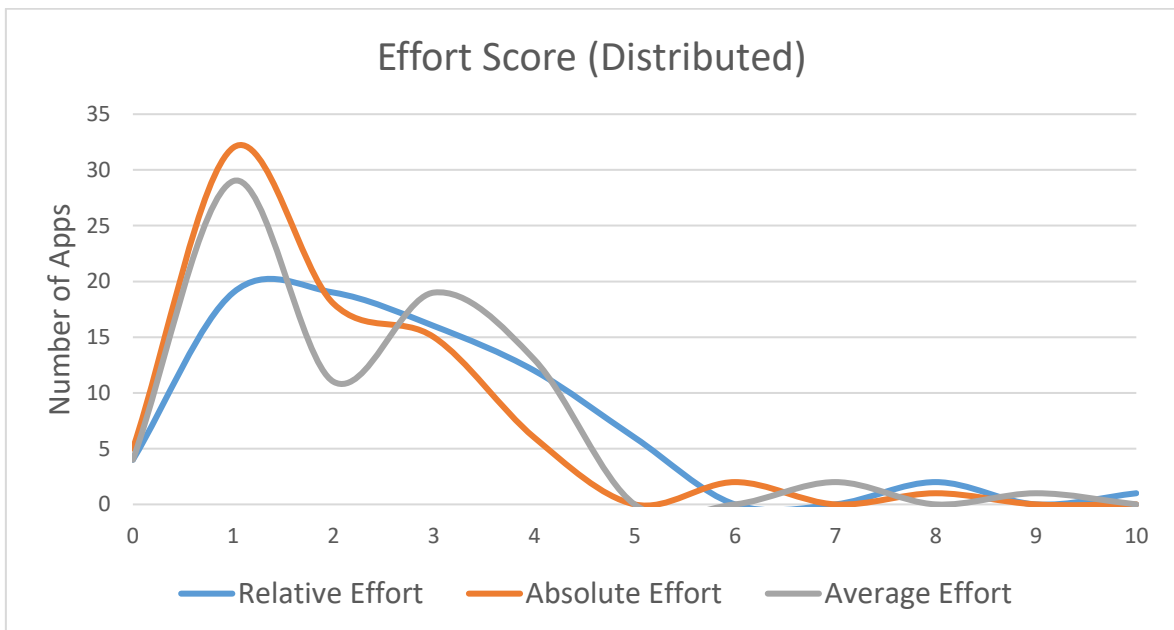
Tabla 7. Pesos (*Weight*) y puntuaciones (*Score*) del *Effort Estimation*

EFFORT SCORE			
Attribute	Value	Weight (0,5)	Score (-5,5)
Business Criticality	Tier 1 - Most Critical	0	0
	Tier 2 - Somewhat Critical		0
	Tier 3 - Less Critical		0

	Tier 4 - Not Critical		0
Availability/Uptime	Tier 1 - 99.99%		0
	Tier 2 - 99.90%	0	0
	Tier 3 - 99.00%		0
	Tier 4 - 90.00%		0
Disaster Recovery	None		1
	Active-Passive	3	3
	Active-Active		5
RPO/RTO	Tier 1 - Most Critical		0
	Tier 2 - Somewhat Critical	0	0
	Tier 3 - Less Critical		0
	Tier 4 - Not Critical		0
Regulatory/Compliance	Cloud Compatible		0
	Keep Data	0	0
	Non-Cloud Compatible		0
Code/Framework	Cloud Ready		1
	Upgrade Required	5	3
	Non-Cloud Compatible		5
OS/Database	Cloud Ready		1
	Upgrade Required	4	3
	Non-Cloud Compatible		5
Lifecycle Stage	In Development		0
	Active	0	0
	To Be Replaced		0
	To Be Retired		0
SaaS Version	None	3	1
	Available		3
Stability	High		1
	Medium	3	3
	Low		5
Software Dependency	None		1
	Red	2	3
	Green		3
	Blue		3
CPU/RAM	Standard	0	0
	High Performance		0
Number of Hosts (VM)	Low		1
	Medium	2	3
	High		5
Storage Space (GB)	Low		1
	Medium	1	3
	High		5



*Figura 10. Histograma de Effort Scores*



*Figura 11. Histograma de Effort Scores “suavizados”*

Los resultados más relevantes han sido:

- Los valores se encuentran agrupados hacia los valores más bajos, justo al contrario que como ocurrió con el *Cloud Suitability Score*. Este resultado era esperable, ya que miden criterios “opuestos”.
- Prácticamente todos los valores se encuentran por debajo de un 5 de puntuación, lo que indica que son, por lo general, aplicaciones sencillas de migrar. Cabe señalar que, al contrario que el *Cloud Suitability Score*, este análisis solo incluye las aplicaciones *In Scope*, por lo que este resultado era también esperable.
- Hay un gran número de aplicaciones con las puntuaciones 0 y 1, las cuales se corresponden en su mayoría con las aplicaciones *Rehost*, es decir, las que no requieren actualizaciones de ningún tipo. Es importante remarcar que una puntuación de 0 no indica que no se vayan a implicar recursos en la migración de una aplicación, sino que se le asignarán los mínimos estipulados.
- Existen un pequeño número de aplicaciones que superan el 5 de puntuación, las cuales se corresponden con los casos más complejos de *Refactor*.

#### **4.4.2 ESTIMACIÓN DE TIEMPOS (TIME ESTIMATION)**

Ya obtenido la previsión del esfuerzo, se procede a estimar el tiempo necesario para migrar cada aplicación. Con el fin de realizar de forma óptima esta estimación, cada oleada de la migración se divide en fases. Estas fases ayudan a estructurar y segmentar las actividades y los especialistas asignados a cada una de ellas, por lo que su correcta definición y delimitación es esencial durante la ejecución del plan de migración.

##### **4.4.2.1 Fases de Migración**

Pese a que hay numerosas formas de establecer la división, se ha dividido la Fase de Migración: *Planning*, *Execution*, *Testing* y *Decommision*.

**Planning.** Durante la Fase de Planificación, el equipo de migración se centra en recopilar y analizar la documentación de las aplicaciones que componen la oleada con el objetivo de identificar dependencias, evaluar riesgos, establecer un cronograma y asignar recursos

(personal, equipo, herramientas...) para cada aplicación. Esta fase sirve de base para las posteriores, asegurando un enfoque completo y estructurado.

**Execution.** Durante la Fase de Ejecución se produce la migración efectiva de las aplicaciones. Es aquí cuando el equipo de migración replica toda la infraestructura de servicios en el Hiperescalador seleccionado. Esto incluye la puesta en marcha de todos los componentes, incluyendo máquinas virtuales, discos, bases de datos, plataformas PaaS e interfaces de red, entre otros. Esta es, con diferencia, la fase más larga y compleja de todas, por lo que requiere una preparación y ejecución meticulosas.

**Testing.** En la Fase de Testing, las aplicaciones migradas se someten a pruebas exhaustivas para comprobar su funcionalidad, rendimiento y compatibilidad en el nuevo entorno. Durante esta fase el equipo de migración realiza numerosas pruebas de diversa índole con el objetivo de identificar y corregir cualquier problema funcional o de rendimiento. Esta fase juega un papel crucial, ya que el equipo de pruebas certifica esta aplicación cumple con los objetivos buscados, dando luz verde a la eliminación de su homóloga *on-premises*.

**Decommission.** La Fase de Desmantelamiento se centra en la liberación de los recursos que las aplicaciones originales están ocupando en los servidores *on-premises*. Por su naturaleza, esta fase es extremadamente metódica y no suele producir grandes sobresaltos, razón por la cual no requiere de un personal ni tan numeroso ni tan especializado como en las fases previas. Cabe señalar que la eliminación de los servicios y datos de los servidores es, en principio, irreversible.

#### ***4.4.2.2 Cálculo del Tiempo de Migración***

Una vez establecidas las fases de migración, se procede a explicar cómo se ha asignado la duración a cada una de ellas. Para cada fase (*Phase*) y para cada estrategia de migración (*Migration Path*) se le ha asignado un mínimo y un máximo de tiempo. Es en este intervalo donde, según el nivel de esfuerzo medio obtenido (*Average Effort*), se asigna linealmente el tiempo estimado de cada aplicación en cada fase. Cabe señalar que los mínimos y máximos

se suelen obtener revisando meticulosamente con los especialistas las aplicaciones más simples y complejas del análisis, respectivamente.

De esta forma, el tiempo de cada fase  $i$  para cada aplicación de acuerdo con su estrategia de migración  $j$  se obtendría como:

$$\begin{aligned} \text{Time Estimation}_i \text{ (days)} \\ = \text{MinDays}_{i,j} + (\text{MaxDays}_{i,j} - \text{MinDays}_{i,j}) * \frac{\text{Average Effort}}{10} \end{aligned}$$

Esta regla se cumple exceptuando un caso, el de la Fase de Ejecución, a la cual habría que sumarle el tiempo de transferencia (*Transfer Time*) de los datos de cada aplicación:

$$\text{Time Estimation}_{\text{Execution}} \text{ (days)} = (\text{Time Estimation}_{\text{Execution}})' + \text{Transfer Time}$$

Ya obtenidas las duraciones de cada fase, solamente quedaría sumarlas para obtener el tiempo total de migración (*Total Time Estimation*) de la aplicación:

$$\begin{aligned} \text{Total Time Estimation (days)} &= \sum_i \text{Time Estimation}_i \\ &= \text{Time Estimation}_{\text{Planning}} + \text{Time Estimation}_{\text{Execution}} \\ &+ \text{Time Estimation}_{\text{Testing}} + \text{Time Estimation}_{\text{Decomissioning}} \end{aligned}$$

#### **4.4.2.3 Resultados**

A continuación, se procede a mostrar los resultados obtenidos del *Time Estimation* tras introducir los datos en la simulación.

En primer lugar, la Tabla 8 muestra los mínimos y máximos utilizados para estimar la duración de la cada una de las fases de cada aplicación. A continuación, se representa en dos figuras la información relativa a las estimaciones de tiempo, primero por oleada (Figura 12), y después por fases (Figura 13). Adicionalmente, se adjunta la Figura 14, la cual refleja la comparación entre el Tiempo de Transferencia de los datos y la duración de la Fase de Ejecución de cada Oleada.



Tabla 8. Mínimos y máximos del Tiempo de Transformación

TRANSFORMATION TIME								
Migration Path	Planning (days)		Execution (days)		Testing (days)		Decommission (days)	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Replace	1,00	3,00	3,00	6,00	0,50	4,00	0,50	1,50
Rehost	0,50	2,00	2,00	5,00	0,25	2,00	0,25	1,00
Replatform	1,00	5,00	3,00	8,00	1,00	3,00	0,75	2,00
Refactor	2,00	8,00	8,00	30,00	1,50	8,00	1,75	4,00

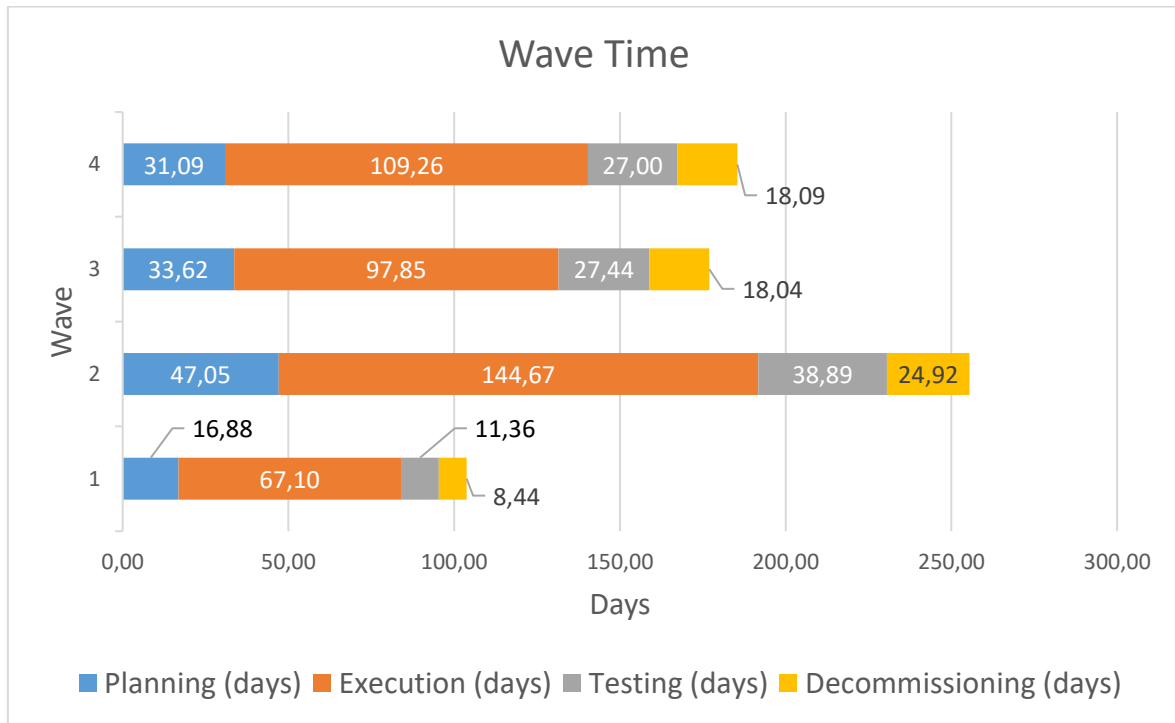


Figura 12. Duración total de cada Oleada

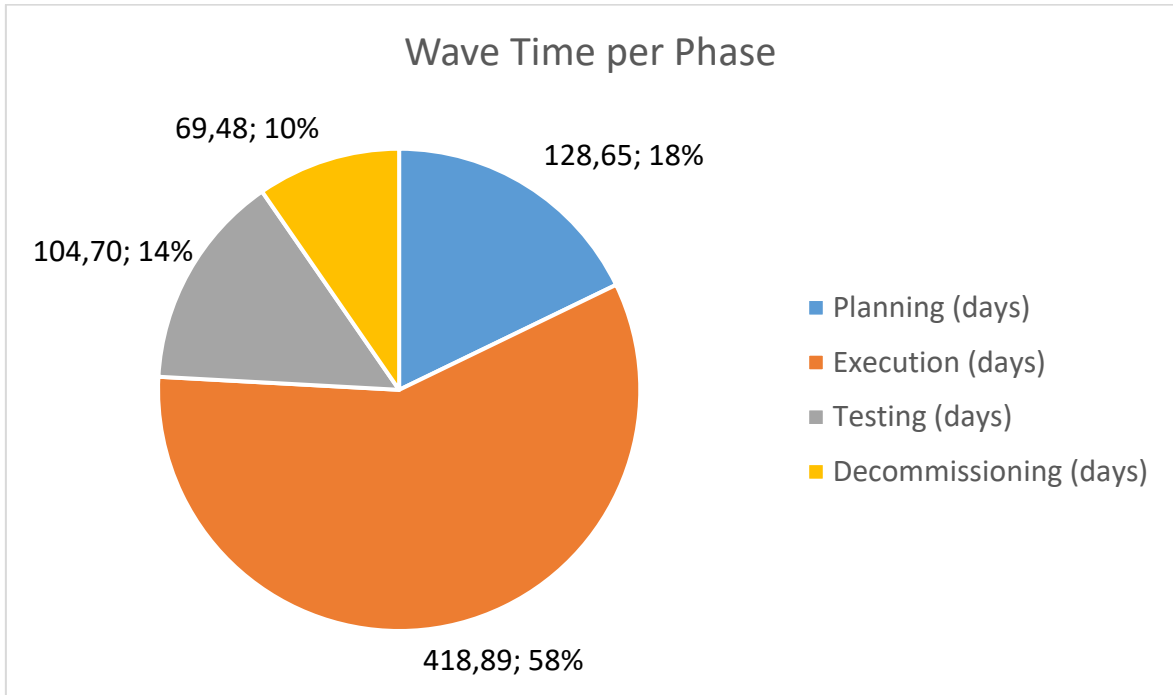


Figura 13. Duración total de cada Fase

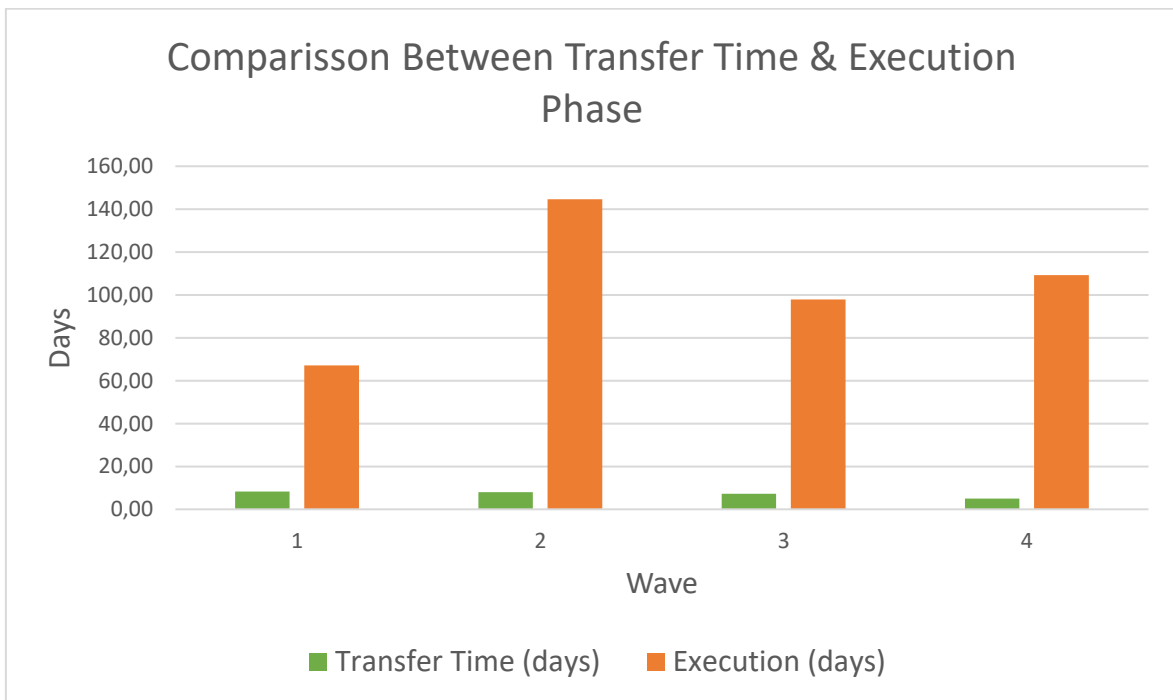


Figura 14. Comparación entre el Tiempo de Transferencia y la duración total de la Fase de Ejecución

Los resultados más relevantes han sido:

- Las duraciones mínima y máxima de cada fase respecto a las posibles estrategias de migración varían notablemente. Por ejemplo, se estima que las operaciones de ejecución (*Execution*) de una aplicación *Rehost* requiera como máximo 6 días, mientras que una aplicación *Refactor* requiere como mínimo 8, pudiendo extenderse hasta los 30 días.
- La *Wave 1* es la oleada más corta con apenas 100 jornadas laborales, mientras que la *Wave 2* es, con diferencia, la oleada más larga superando las 250. Esto se debe principalmente a que la *Wave 1* está formada únicamente por aplicaciones *Rehost* independientes, mientras la *Wave 2* presenta aplicaciones de características mucho más complejas, las cuales requieren mucho más trabajo por parte de los especialistas. En total, se requerirían alrededor de 720 días de trabajo para poder completar la migración, lo que equivaldría a casi 3 años de trabajo continuo (incluyendo fines de semana y festivos).
- Por su naturaleza, la fase de Ejecución es la que más tiempo requiere con casi un 60% del total. Le sigue la Fase de Planificación con casi un 20%, quedando en último lugar las Fases de *Testing* y *Decommission* con un 10 y un 14%, respectivamente.
- Como se puede observar en el último gráfico, el Tiempo de Transferencia de los datos de las aplicaciones (*Transfer Time*) apenas tienen peso en el total de la Fase de Ejecución, y mucho menos en el total. Esto es, claro, por la naturaleza de los datos escogidos: si se aumentara el tamaño de los datos almacenados (por ejemplo, simulando un *Data Lake*), el Tiempo de Transferencia tendría un peso mucho mayor.
- Se ha apreciado una alta sensibilidad en los resultados de este apartado al cambiar ligeramente los mínimos y máximos del *Transformation Time*.

#### **4.4.3 ESTIMACIÓN DE COSTES (COST ESTIMATION)**

Una vez obtenido el tiempo que se destinará a cada fase de cada ola, es el momento de estimar los costes de la migración. Adicionalmente, en esta sección se estimarán los costes *on-premises* que actualmente soporta la infraestructura y se calcularán los costes operativos

del Cloud. Estos dos datos servirán para poder realizar un análisis financiero en la siguiente sección.

#### 4.4.3.1 Costes de Migración (Migration Costs)

Los Costes de Migración se estiman de una forma muy similar a la duración, aunque de manera mucho más simple. En este caso, se establece un coste por hora medio relacionado con cada una de las fases de migración independientemente de la estrategia de migración seguida. Esto se debe a que ya se ha tenido en cuenta en la sección anterior este factor. Es necesario indicar que este coste por hora tiene en cuenta también el número de personas involucradas y su especialización (*developer, tester, data scientist...*).

De esta forma, el coste de cada fase  $i$  se obtendría como:

$$Cost_i (\text{€}) = Time\ Estimation_i (h) * Cost\ per\ Hour_i (\text{€/h})$$

Adicionalmente, se ha creado un nuevo Coste de Gestión ( $Cost_{Management}$ ), el cual se distribuye a lo largo la duración integra de la migración. Al igual que con las fases, el coste asignado es por hora trabajada. Así:

$$Cost_{Management} (\text{€}) = Total\ Time\ Estimation (h) * Cost\ per\ Hour_{Management} (\text{€/h})$$

Ya obtenido el coste de cada fase, solamente quedaría sumarlas para obtener el Coste Total de Migración ( $Total\ Time\ Estimation$ ) de la aplicación:

$$\begin{aligned} Migration\ Costs (\text{€}) &= \sum_i Cost_i \\ &= Cost_{PreMigration} + Cost_{Migration} + Cost_{PostMigration} \\ &\quad + Cost_{Decomission} + Cost_{Management} \end{aligned}$$

#### 4.4.3.2 Costes Operativos (Operational Costs)

Los Costes Operativos reflejan los gastos que la empresa debe soportar por mantener su infraestructura TI. Estos costes pueden darse en cualquier ecosistema, ya sea Cloud u *on-premises*, y son esenciales a la hora de crear el análisis financiero de la migración Cloud. Es

necesario establecer cómo se calculan ambos, dan una estimación de qué recursos económicos la organización está empleando en mantener sus operaciones actualmente (costes *on-premises*) y cuánto se gastará tras instaurar su nube híbrida (costes Cloud y *on-premises*).

Por un lado, la visibilidad de coste en las infraestructuras *on-premises* suele ser baja. Esto se traduce en que es muy complicado trazar el coste de los recursos a la aplicación que los utiliza. Existen gran variedad de factores que afectan a los costes de una aplicación, como el número de máquinas virtuales, su número de núcleos y de RAM, el tamaño de los discos virtuales asignados, el número de peticiones recibidas, etc. Debido a la gran cantidad de factores, no hay una forma ideal de realizar esta operación. Con el fin de no complicar este punto, que está mucho más relacionado con la contabilidad de costes TI de la empresa que con el propio proyecto de migración, se ha seguido una regla sencilla: se asignará los costes operativos totales de acuerdo con el número de máquinas virtuales que emplea la aplicación, independientemente del resto de factores. Cabe señalar que, para este cálculo, además de los realizados para el Análisis Financiero, se han excluido las aplicaciones *Retire*. De esta forma se refleja de manera mucho más fidedigna los Costes Operativos *On-premises*, evitando costes “fantasma”.

Así, para cada aplicación no marcada como *Retire*:

$$\begin{aligned} & \text{OnPremises Operating Costs}_{App} \text{ (€/year)} \\ &= \text{IT Operating Costs}_{Total} \text{ (€/year)} * \frac{\text{Number of Hosts (VM)}_{App}}{\text{Number of Hosts (VM)}_{Total}} \end{aligned}$$

Por el otro lado, la visibilidad de costes Cloud es, si se diseña de la manera correcta, mucho más elevada que la que se puede obtener *on-premises*. Debido a ello, es mucho más sencillo trazar el coste de los recursos virtualizados con la propia aplicación con una molecularidad muy elevada. Debido a que estimar estos costes *a priori* sería muy complicado, se suelen utilizar aproximaciones. Para la simulación de este proyecto se han tenido en cuenta tres bloques de gastos: Instancias (*Instances*), Almacenamiento (*Storage*) y Extras (*Extras*).

**Instances.** Las instancias se corresponden con las máquinas virtuales utilizadas y su coste por hora depende directamente del tipo de la potencia y la utilización que se haga de ella (CPU/RAM). Es por ello por lo que, además de considerarse los dos tipos de máquinas del atributo correspondiente (*Standard* y *High Performance*), se ha tenido en cuenta un tipo de coste por hora reducido (*Low Performance*) para las aplicaciones retiradas cuyo Cumplimiento exige guardar sus datos (*Lifecycle Stage=To Be Retired, Regulatory/Compliance=Keep Data*). Esto se debe a que estas aplicaciones se utilizarán en una medida mucho menor a las que se encuentran en activo (*Lifecycle Stage=Active*). Teniendo todo esto en cuenta:

$$\begin{aligned} \text{Instance Costs}_{App} (\text{€/month}) \\ = \text{Instance Costs}_{Type\ of\ VM} (\text{€/month}) * \text{Number of Hosts (VM)}_{App} \end{aligned}$$

Cabe señalar que, si la aplicación requiere de un sistema Activo-Activo (*Disaster Recovery=Active-Active*), será necesario mantener a pleno funcionamiento una réplica de las instancias del sistema principal, duplicando así los costes de este bloque.

**Storage.** El almacenamiento engloba todos los servicios de guardado de datos, entre los que se incluyen discos, bases de datos y caché. En este caso también se han considerado tres tipos de almacenamiento, los cuales se identifican con los mencionados previamente. Las aplicaciones estándar utilizarían discos SSD, mientras que los de alto rendimiento emplearían almacenamiento en memoria (RAM), mucho más cara que la primera. Por su parte, las aplicaciones de bajo rendimiento emplearían discos duros mecánicos, mucho más baratos que los SSD. Dado que el Cloud permite pagar directamente por los datos almacenados y no por el espacio reservado (por ejemplo, en disco virtual), el coste del almacenamiento se puede calcular como:

$$\begin{aligned} \text{Storage Costs}_{App} (\text{€/month}) \\ = \text{Storage Costs}_{Type\ of\ VM} (\text{€/GB/month}) * \text{Storage Space (GB)}_{App} \end{aligned}$$

Al igual que con las instancias, los sistemas Activo-Activo, y también los Activo-Pasivo (*Disaster Recovery=Active-Pasive*) en este caso, requieren duplicarse íntegramente, por lo que no quedará más remedio que duplicar los costes de almacenamiento.

**Extras.** Los costes extra incluyen todos los costes adicionales que no se pueden trazar directamente a los dos bloques anteriores. Esto incluye costes de red (*networking*), sincronización de almacenamiento, monitorización, seguridad y licencias, entre otros. Es común que estos gastos estén relacionados con la demanda, por lo que, en general, suelen ser gastos difíciles de estimar por su alta variabilidad. Es por ello por lo que, en lugar de estimar su coste directamente, se calculará como un porcentaje adicional de la suma de los otros bloques. Así:

$$\begin{aligned} \text{Extra Costs}_{App} (\text{€/month}) &= (1 + \text{Extras}_{\text{Type of VM}}) \\ &* (\text{Instance Costs}_{App} + \text{Storage Costs}_{App}) (\text{€/month}) \end{aligned}$$

En la misma trayectoria que los bloques anteriores, se estima un coste extra en los sistemas redundantes debido a la necesidad de reforzar la monitorización, la sincronización de los datos y otros gastos relacionados. Al igual que los costes extra, se obtiene como un porcentaje adicional aplicado sobre los tres bloques anteriores.

#### **4.4.3.3 Resultados**

A continuación, se procede a mostrar los resultados obtenidos del *Cost Estimation* tras introducir nuestros datos en la simulación.

En primer lugar, se muestran dos tablas con toda la información necesaria para el cálculo de los costes de migración y operativos en el Cloud. La Tabla 9 incluye las tasas de las instancias, el almacenamiento y los extras, además de los costes adicionales por el mantenimiento de los sistemas de *Disaster Recovery*. Por su parte, la Tabla 10 refleja el coste por hora de los especialistas de migración y los costes actuales de operación de la infraestructura *on-premises*.

Respecto a los resultados, en este apartado hay dos tipos de gráficos: los relacionados con costes de migración y los relacionados con costes operativos. Por un lado, existen dos gráficos relacionados con los costes de migración. La Figura 15 refleja los costes por oleada desagregados a su vez por fase, mientras que la Figura 16 muestra exclusivamente los costes totales por fase. Por el otro, los Costes Operativos mantienen una estructura similar, mostrando primero los costes por Oleada (Figura 16) y después por Tipo (Figura 18), con el aditivo de un tercer gráfico. Este último (Figura 19) muestra cuáles son los Costes Operativos *On-premises* correspondientes a las aplicaciones que conforman cada una de las fases de migración, incluyendo además los de las aplicaciones fuera del alcance de la migración (*Out of Scope*).

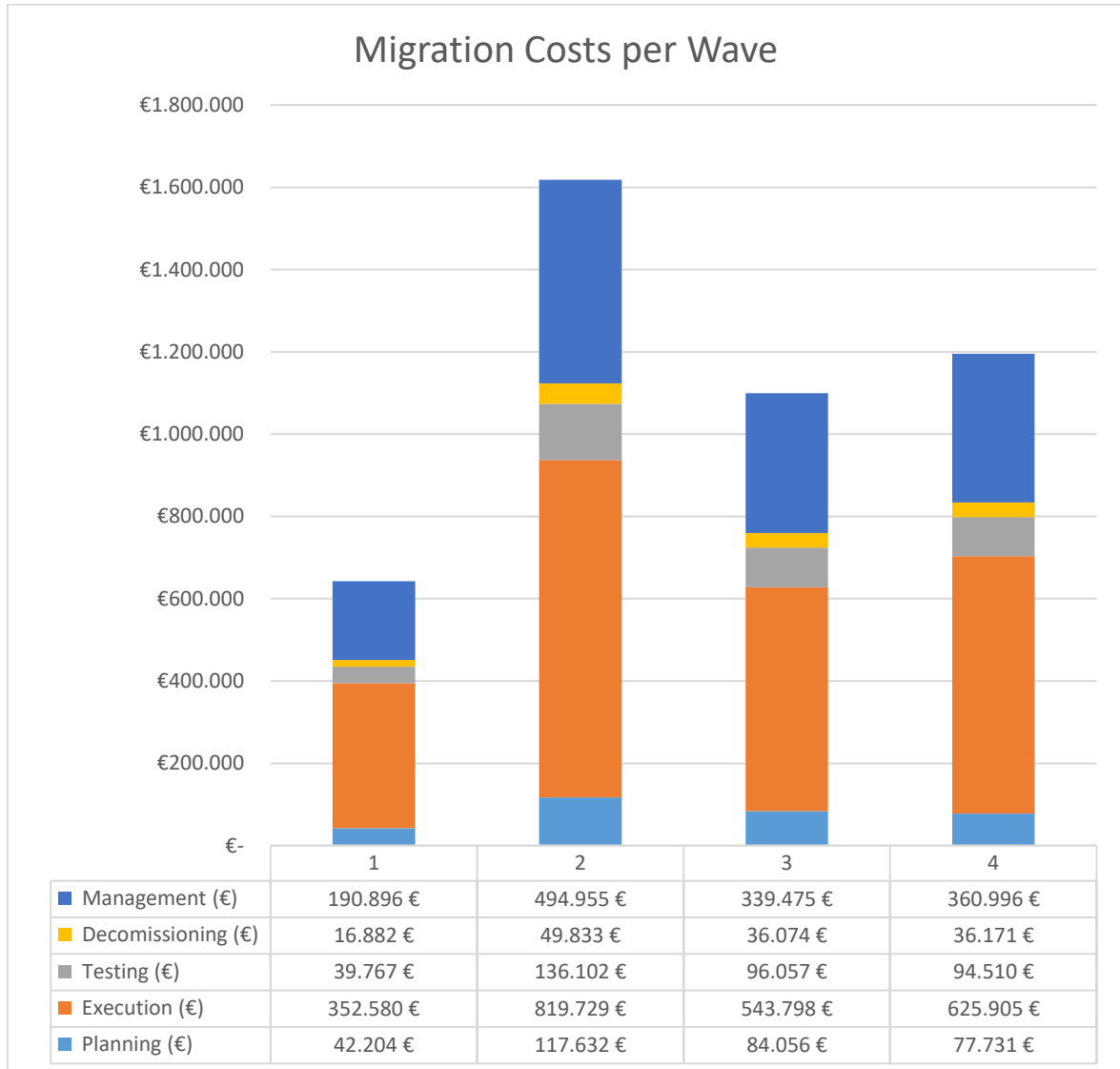
Tabla 9. Costes Operativos Cloud por hora

OPERATING COSTS (CLOUD)				
Attribute	Value	Instance (€/day)	Storage (€/GB/day)	Extras (%)
Type of VMs	Standard	14,00	0,03	15,00%
	High Performance	30,00	0,15	25,00%
	Low Performance	4,00	0,01	5,00%
Disaster Recovery	None	0%	0%	0%
	Active-Passive	0%	100%	20%
	Active-Active	100%	100%	10%

Tabla 10. Costes de las actividades de migración por hora y Coste Operativo On-premises

ADDITIONAL COST INFORMATION			
Category	Parameters	Value	Unit
Migration Costs	Pre-Migration	2500	€/hour
	Migration	6000	€/hour
	Post-Migration	3500	€/hour
	Decommission	2000	€/hour
	Management	2000	€/hour
Operating Costs (On-Premises)	Yearly Cost	7000000	€/year





*Figura 15. Costes de migración por Oleada*

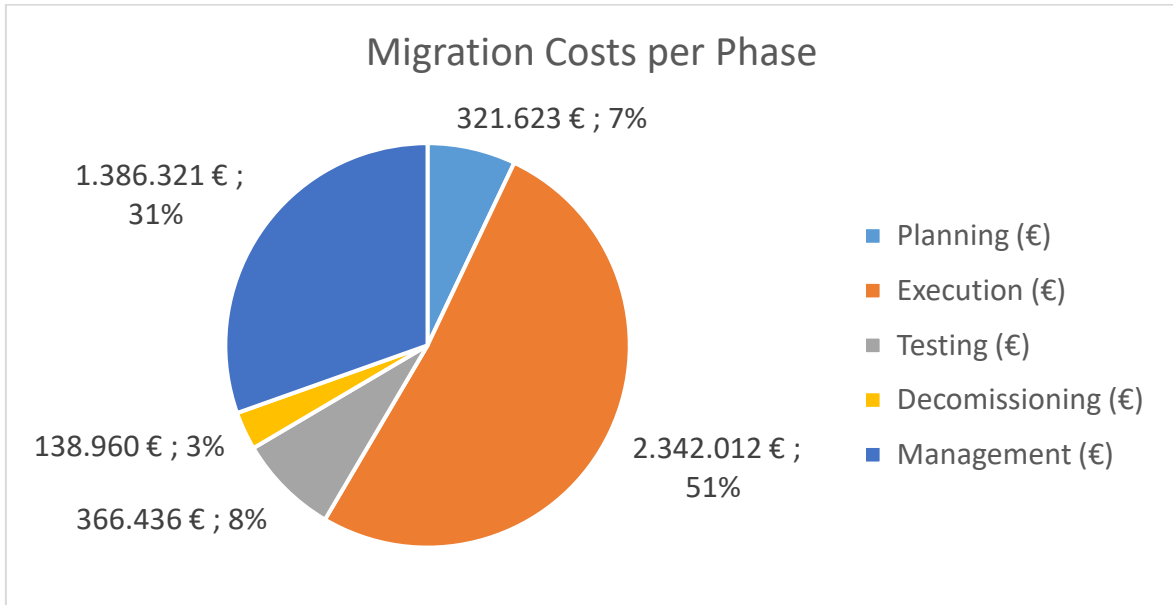


Figura 16. Costes de migración por Fase

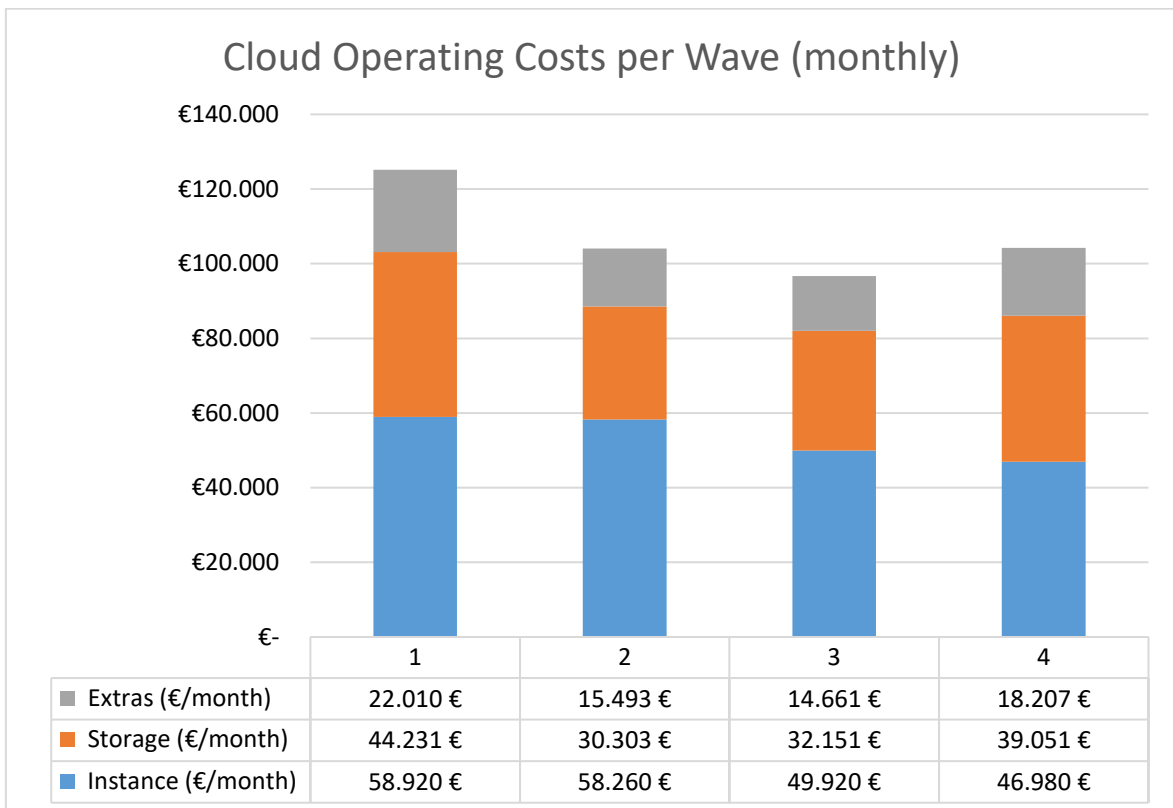
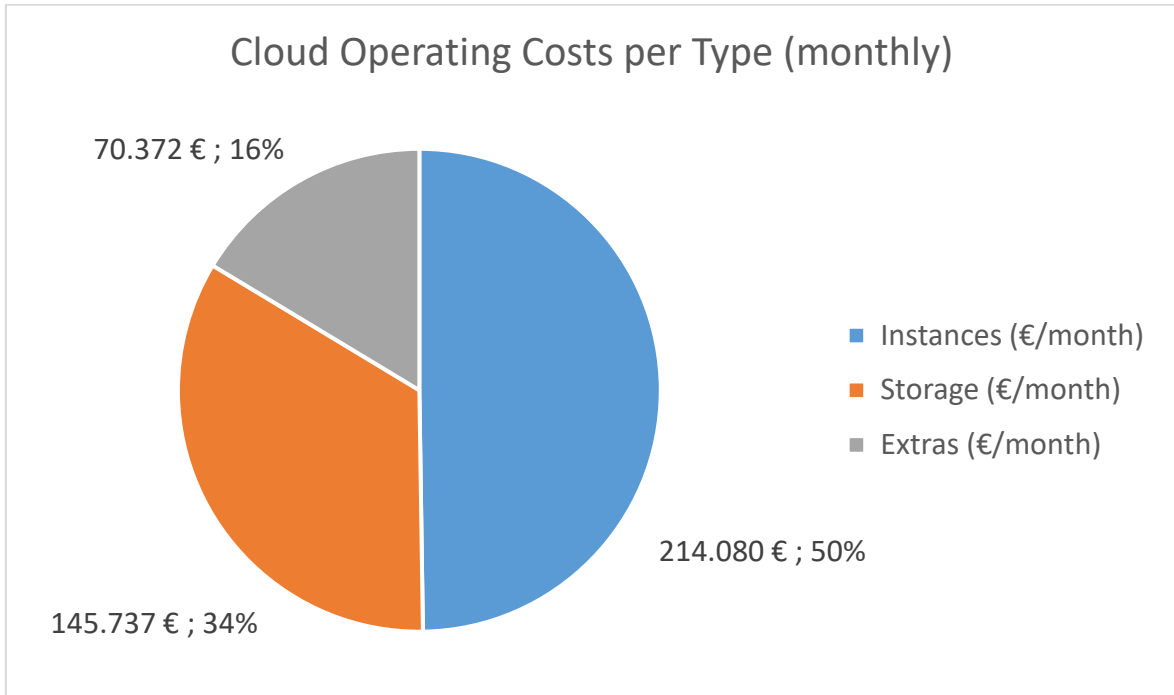
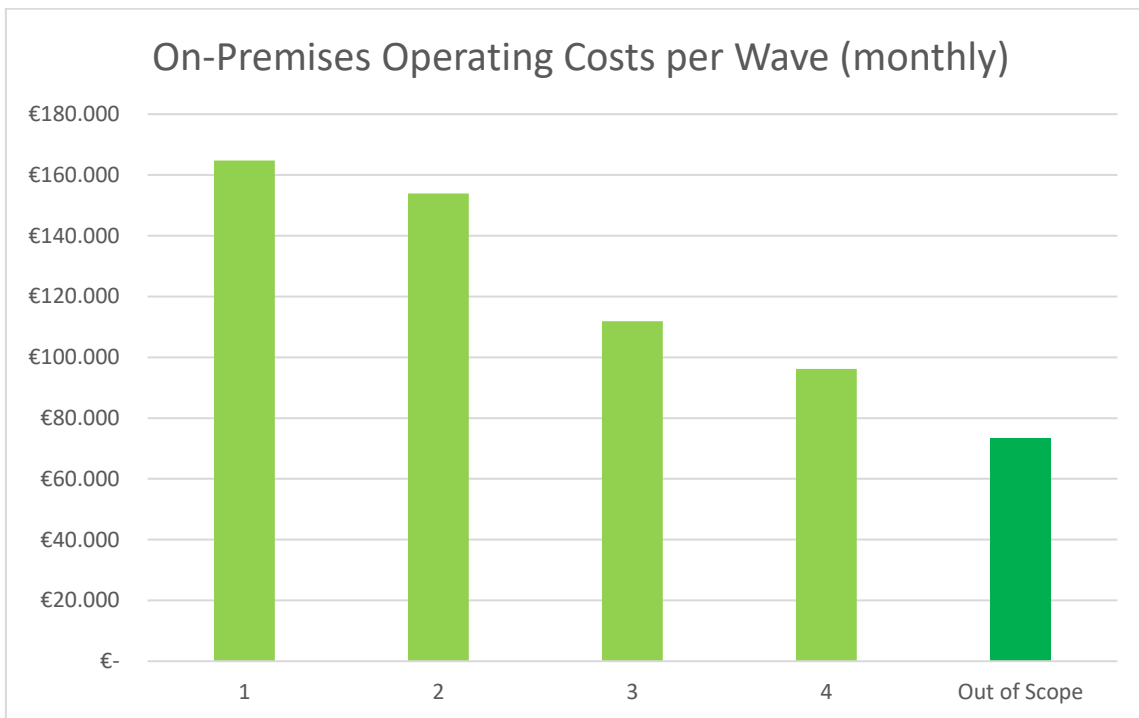


Figura 17. Costes operativos del Cloud por Oleada (mensual)



*Figura 18. Costes operativos del Cloud por Tipo (mensual)*



*Figura 19. Costes operativos on-premises por Oleada (mensual)*

Los resultados más relevantes han sido:

- Los costes de migración presentan una forma prácticamente idéntica a los tiempos de migración. Al igual que en el análisis de resultados del apartado anterior, la *Wave 1* es la más barata llegando apenas a los 640 000 €, mientras que la *Wave 2* es, con diferencia, la oleada más costosa superando los 1,6 M€.
- Las Fases de Ejecución y la Gestión del proyecto han supuesto más del 80% de los Costes de Migración (un 51 y 31%, respectivamente). El primer caso se debe a que los costes son directamente proporcionales a las horas totales, afectando especialmente a la Fase de Ejecución, que es la más larga en todas las olas (casi un 60% del tiempo total) y a su vez la que tiene asignado el mayor coste por hora (6 000 €/h). Por su parte, la elevada proporción que suponen los Costes de Gestión respecto al total no se debe a su coste por hora, que de hecho es el más reducido (1 000 €/h), sino a que se trata de un gasto constante a lo largo de toda la ejecución del plan de migración.
- Las fases de *Planning*, *Testing* y *Decommissioning* apenas superan el 15% de los Costes de Migración, siendo la Fase de *Decommissioning* la que presenta un menor coste con tan solo un 3% del total. Este caso es justo el opuesto al de Ejecución: es la fase más corta de todas (un 10% del total en el *Time Estimation*) y es la que tiene un coste por hora menor (1 000 €/h).
- Como se puede observar por los Costes Operativos *on-premises*, los mayores costes mensuales se relacionan con las aplicaciones inscritas a la *Wave 1* y *Wave 2*. Esto se debe principalmente a que estas oleadas presentan un mayor número de aplicaciones (25 y 23 respecto a las 8 y 13 de las *Wave 3* y *Wave 4*), aunque la aleatoriedad a la hora de repartir las máquinas virtuales por aplicación (*Number of Hosts (VM)*) parece tener cierta influencia. Esto último se puede apreciar en las aplicaciones *Out of Scope*, que pese a ser 21 presentan un coste menor a las 13 que conforman la *Wave 4* (88 716 € y 93 385 €, respectivamente).
- Las estimaciones prevén que casi 50% de los Costes Operativos Cloud se destinen a instancias, seguido por el almacenamiento con un 34%. En último lugar, quedarían

los costes extra con el 16% restante. Esto se debe a los elevados costes que supone mantener en funcionamiento las máquinas virtuales respecto a la memoria y el resto de los costes adicionales.

- Los Costes de Migración y los Costes Operativos no coinciden en absoluto. Por ejemplo, mientras que la *Wave 1* es la que presenta un menor coste, los costes operativos referentes a las aplicaciones que lo conforman son los mayores. De la misma forma, la *Wave 2*, que presenta con diferencia los mayores Costes de Migración, se encuentra prácticamente empatada con las *Wave 3* y *Wave 4* en Costes Operativos. Esto indica que una aplicación con un proceso de transformación muy complejo no tiene por qué tener unos costes operativos elevados en el Cloud.
- Se ha apreciado una alta sensibilidad en los resultados de este apartado al cambiar los distintos costes y porcentajes Cloud, al igual que ocurre al modificar los costes por hora de los especialistas de migración.

## **4.5 ANÁLISIS FINANCIERO (FINANCIAL ANALYSIS)**

Ya obtenidos los Costes Operativos y de Migración, tan solo que daría revisar la viabilidad económica del proyecto. Esta última fase, conocida como Análisis Financiero (*Financial Analysis*), engloba todos los aspectos financieros relevantes a la hora de justificar la ejecución de un proyecto.

### **4.5.1 PREÁMBULO**

En primer lugar, se debe decidir cuándo y cómo se migrarán las cargas a la nube. Con el afán de simplificar este punto, se ha decidido migrar las olas anualmente comenzando el 1 de enero, evitando así cualquier tipo de solapamiento. De esta manera, la *Wave 1* comenzaría a comienzos del año 2024, la *Wave 2* a comienzos del 2025, y así sucesivamente. Cabe indicar que en casos reales esto no tiene por qué cumplirse. Por ejemplo, algunas tareas de la *Wave 4* podrían realizarse en paralelo con las de la *Wave 3*. Esta estrategia acortaría el Tiempo Migración, pero supondría un mayor desgaste de los recursos durante los periodos de solapamiento.

A continuación, se debe concluir el alcance temporal del proyecto, es decir, durante cuántos años se deben acotar los flujos de caja relacionados con la migración. Antes de continuar, cabe señalar que, desde un punto de vista financiero, el proyecto de migración solo tiene cabida si sus flujos de caja (salidas y entradas netas de dinero que tiene un proyecto) previstos para la migración son menores a los del Statu Quo, es decir, los esperados si la migración no tuviera lugar.

Debido a la naturaleza del proyecto, es necesario delimitar el periodo durante el cual se considerarán los flujos de caja como resultado del proyecto. Si esto no se hiciera y se consideraran los ahorros resultantes de la migración como “infinitos” el proyecto siempre resultaría rentable. Cuando esto sucede las organizaciones suelen fijar una fecha para recuperar su inversión, la cual varía según múltiples factores, como el tamaño de la inversión, su importancia estratégica para la organización o su naturaleza (comercial, marketing, IT...). En este caso se han considerado los flujos de caja de los 10 años posteriores al año de referencia, que en este caso serían los del 2024 al 2033. Claro está, si se cogiera un periodo menor (ej. 8 años), es menos probable que el proyecto resultara rentable. Por el contrario, si se cogiera un periodo mayor (ej. 12 años), el efecto sería el opuesto.

#### **4.5.2 VALOR DE TRANSFORMACIÓN (TRANSFORMATION VALUE)**

Ya establecidos todos los parámetros necesarios para crear el Análisis Financiero, se muestra la fórmula utilizada para obtener los flujos de caja de cada año que abarca el proyecto. Como se puede observar, esta es una modificación de la ya mostrada en el apartado 2.1.6. Así:

$$\begin{aligned} \text{Transformation Value (€)} &= \text{Status Quo} - \text{Migration} \\ &= \text{Status Quo} - (\text{Operating Costs} + \text{Transformation}) \end{aligned}$$

$$\text{Operating Costs (€)} = \text{OnPremise} + \text{Cloud}$$

Por un lado, tenemos el *Status Quo*, que refleja el coste que tendrían lugar si el proyecto no se llevara a cabo. Este coste se ha considerado constante todos los años tomando como referencia el Coste Operativo *On-premise* del 2023 (sin incluir los costes relativos a las

aplicaciones *Retire*). Por el otro, el *Migration* refleja los costes del proyecto, incluyendo los costes operativos (*Operating Costs*) y los de transformación y migración de las cargas de trabajo (*Transformation*). Mientras que los últimos no presentan ningún tipo de complejidad financiera adicional (cada año se identifica con una *Wave* diferente), los costes operativos presentan una problemática intrínseca.

Un problema adicional que se suma a un proyecto de migración es la duplicidad de costes operativos. Esto se deriva de mantener por duplicado las aplicaciones de la *Wave* desde la Fase de Migración, donde las cargas se van moviendo paulatinamente desde el ecosistema *on-premises* hasta el Hiperescalador de destino, hasta la Fase de *Decomissioning*, durante la cual las cargas *on-premises* se retiran del funcionamiento activo. Teniendo esto en cuenta, se han incluido integralmente los Costes Operativos *On-Premises* relativos a la *Wave* hasta el comienzo de la Fase de *Decomissioning*, durante la cual los costes van linealmente en descenso hasta desaparecer por completo. Análogamente, los Costes Operativos Cloud comienzan a aparecer linealmente durante la Fase de Migración, tras la cual se mantienen fijos a perpetuidad. Con el objetivo de acercarse aún más a la realidad, se ha introducido un factor que refleja los días extra (*Extra Days*) que las cargas se encuentran funcionando, pero no se contabilizan como días trabajados (fines de semana y festivos principalmente).

#### **4.5.3 VALOR ACTUAL NETO (VAN), TASA INTERNA DE RETORNO (TIR) Y PUNTO DE EQUILIBRIO**

Ya explicados todos los pormenores del Análisis Financiero se procede a realizar un último análisis. Este se corresponde con el Valor Actual Neto (VAN), también conocido en inglés como *Net Present Value (NPV)*, el cual se utiliza para calcular el valor actual que tendría un flujo de caja futuro de acuerdo con una Tasa de Descuento (*Discount Rate*).

Así, considerando la tasa de descuento  $i$  y los flujos de caja netos  $R_t$  en cada periodo (año)  $t$ , se puede obtener la fórmula del VAN como:

$$NPV(\text{€}) = \sum_{t=0}^n \frac{R_t}{(1+i)^t} = \sum_{\text{Year}=2024}^{2033} \frac{\text{Transformation Value (€/year)}}{(1+i)^{\text{Year}}}$$

Como se puede observar, cuanto mayor sea la Tasa de Descuento, menor será el efecto de los flujos de caja futuros en el VAN. Esto significa que siempre existirá una Tasa de Descuento límite tras la cual el proyecto dejará de ser rentable, la cual recibe el nombre de Tasa Interna de Retorno (TIR). Este valor se obtiene forzando al VAN hasta obtener un valor nulo ( $NPV = 0$ ), lo que se traduce en que, para cualquier tasa mayor a la de retorno ( $i > IRR$ ), el proyecto no tendrá viabilidad económica ( $NPV < 0$ ).

También es importante el Punto de Equilibrio, que se corresponde con la fecha en el cual se recupera la inversión realizada en el proyecto, es decir, el momento en el cual la suma neta de los flujos de caja se vuelve nula.

#### **4.5.4 RESULTADOS**

A continuación, se procede a mostrar los resultados obtenidos del *Financial Analysis* tras introducir los datos en la simulación.

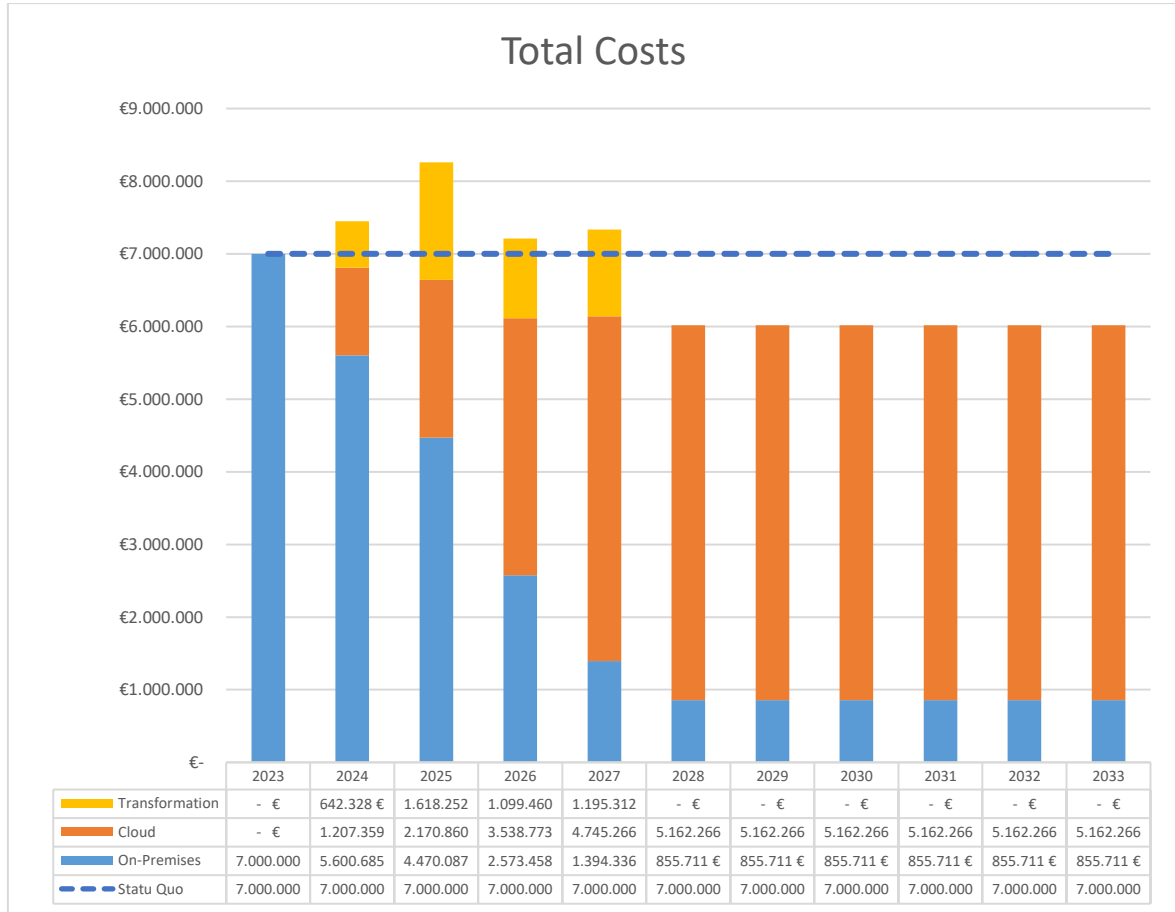
Las tres primeras figuras muestran los flujos de caja netos sin descuento aplicado ( $i = 0\%$ ). En primer lugar, la Figura 20 refleja todos los Costes de Migración (Transformación, Operativos Cloud y Operativos *On-premises*) agregados por año comparados con el Statu Quo. A continuación, la Figura 21 muestra únicamente los Costes de Migración desagregados. Para finalizar, la Figura 22 muestra con mayor detalle la cota superior del primer gráfico. Su función es reflejar con mayor fidelidad las diferencias de Costes de Transformación requeridas para cada una de las olas, por lo que los Costes Operativos se muestran como agregados.

Seguidamente, se muestra el Valor de Transformación a lo largo del proyecto de dos formas diferentes. La Figura 23 se corresponde con el valor natural (Anual), mientras que la Figura 24 refleja el acumulado. Es esta segunda la que tiene un mayor valor, ya que indica en que año se encuentra el Punto de Equilibrio (BEP).

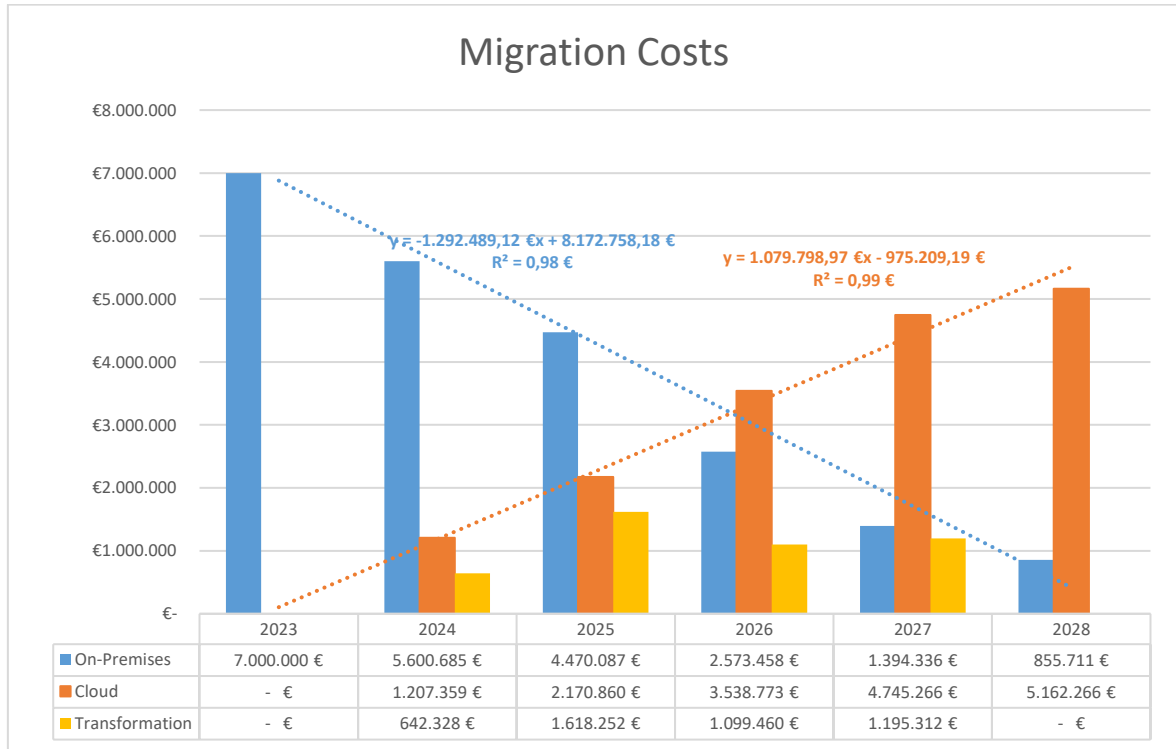
El último gráfico, la Figura 24, refleja el valor de diversos VAN de acuerdo con una serie de tasas de descuento. Esta serie se compone de 20 tasas diferentes, las cuales van del 4 al 42% en saltos de 2%. Con esto se pretende mostrar el efecto que produce la Tasa de Descuento



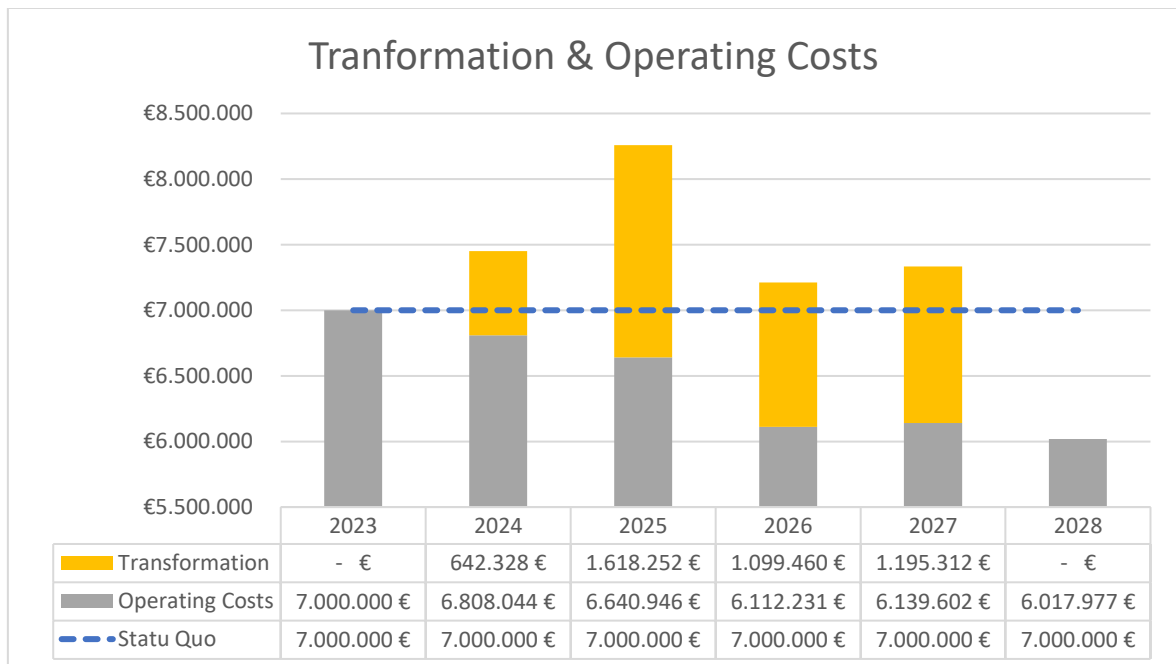
en el cálculo del VAN, y, en especial, en qué punto se encuentra la Tasa Interna de Retorno (TIR).



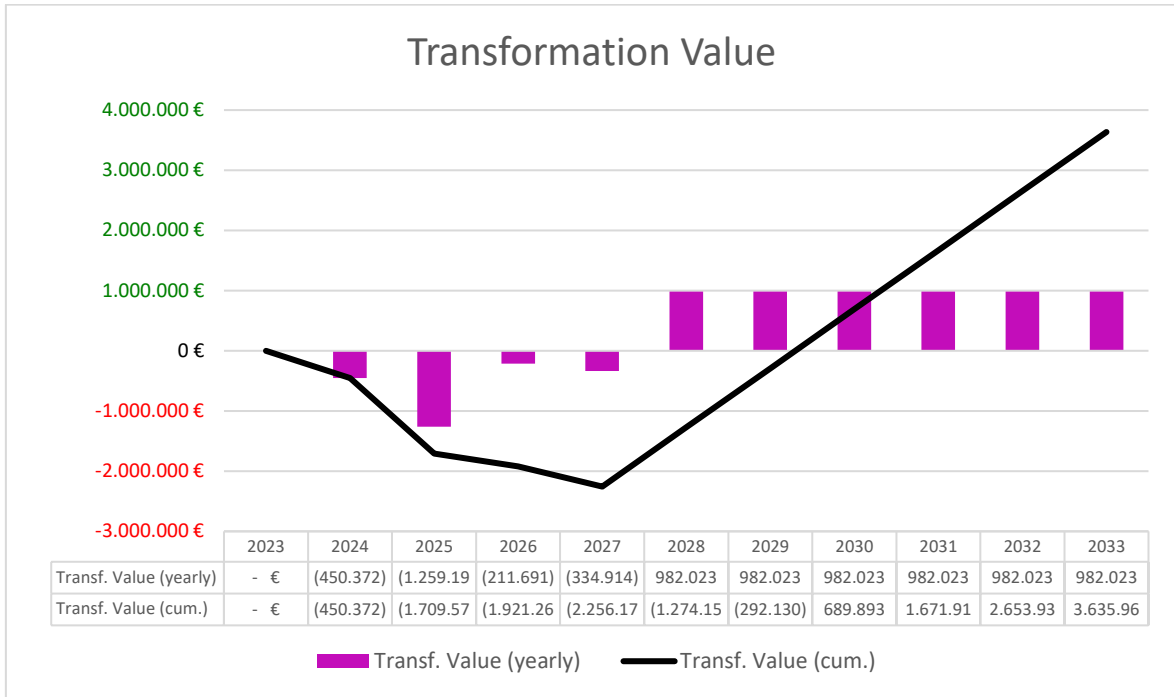
*Figura 20. Costes Totales del Plan de Migración y del Statu Quo*



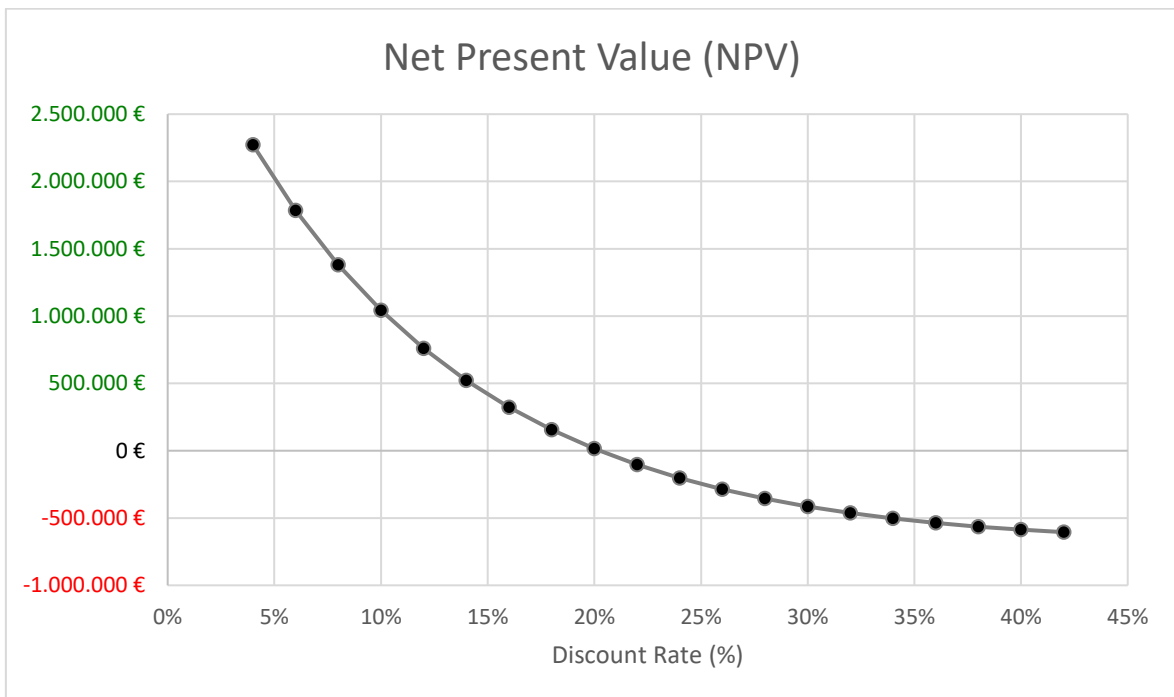
*Figura 21. Detalle de los Costes del Plan de Migración (2023-2028)*



*Figura 22. Detalle de los Costes de Transformación y de Operación (2023-2028)*



*Figura 23. Valor de Transformación (Anual y Acumulado)*



*Figura 24. VAN del Valor de Transformación para diferentes tasas de descuento*

Los resultados más relevantes han sido:

- La reducción de Costes *On-Premises* es muy intensa, pasando de los 7,2 M€ en 2023 (año de referencia) a apenas superar un millón en 2028 (un 83,3%). Gracias a esta diferencia, y a que los Costes Cloud se estacionan sobre los 5,2 M€, los Costes Operativos Totales a partir del 2023 apenas sobrepasan los 6,2 M€. Es decir, se consigue una gran eficiencia operativa tras la migración, reduciéndose en casi 1 M€ los Costes Operativos Totales respecto a los del Statu Quo.
- Los Costes Operativos *On-Premises* decrecen a una ratio inferior al que crecen los Costes Cloud. Mientras que los primeros disminuyen a una media de casi 1,3 M€ al año, los segundos tan solo se incrementan a un ritmo de apenas 1 M€. Esto refleja, de nuevo, la mejora en eficiencia de costes de las aplicaciones *In Scope* conseguida tras la migración.
- Los Costes Operativos Totales del año 2027 son ligeramente mayores a los del año anterior (unos 27 000 € de más). Esto parece indicar que las aplicaciones de la Wave 4 son más costosas de operar en el Cloud que las pertenecientes al resto de oleadas, aunque esto podría deberse a las duplicidades de costes intrínsecas a las actividades de migración.
- Los Costes de Transformación suponen un aumento considerable sobre el presupuesto invertido en infraestructura IT. El año 2025 es, con diferencia el más evidente, con un aumento sobre el Statu Quo de más de 1,2 M€. Esto se debe, claro está, al enorme coste de la *Wave 2*. Cabe destacar el hecho de que los dos años siguientes, 2025 y 2027, presentan un sobrecoste muy inferior los del año 2024, sobre todo teniendo en cuenta que la *Wave 1* presenta el menor Coste de Transformación anual de todos. Es aquí donde se observa claramente el efecto de la reducción paulatina en los Costes Operativos Totales, cuya bajada amortigua los altos costes de las dos últimas oleadas.
- El Valor de Transformación refleja el comportamiento del apartado anterior, pero a la inversa. Esto se debe a que se consideran los ahorros absolutos como negativos, por lo que los valores positivos solo aparecen cuando se ha finalizado el proceso de

transformación y migración de las cargas de trabajo. El Valor de Transformación Acumulado refleja a su vez este comportamiento, volviéndose más negativo cada año hasta su mínimo en el 2027 con más de 2,2 M€ en negativo, momento en el cual se da por finalizada la migración. Es en este momento cuando se estacionan los Costes Operativos Totales, lo que provoca que el Acumulado crezca linealmente a una ratio de casi 1 M€ al año hasta los 3,6 M€ en 2033. Cabe señalar que es a mediados de este periodo, a finales de 2029, cuando se alcanza el BEP y se recupera la inversión inicial del proyecto.

- La gráfica del VAN no muestra ningún hecho especialmente reseñable, exceptuando que la Tasa Interna de Retorno ronda el 20% ( $IRR \approx 0,2$ ). Como en cualquier gráfica de este tipo, los efectos de la Tasa de Descuento son mucho mayores durante los primeros incrementos que durante los últimos. Mientras que del 4 al 20% el VAN a disminuido casi 2,5 M€, del 20 al 44% tan solo ha disminuido 600 000 €. Esto se debe al efecto asintótico intrínseco de la función.
- Todos los valores del Análisis Financiero, y en especial los del Valor de Transformación y el VAN son extremadamente sensibles a los cambios. Por ejemplo, tan solo la subida de unos pocos euros en el coste por día de las Instancias causa variaciones de varios cientos de miles de euros en los resultados, haciendo variar radicalmente el BEP o la TIR. Si los cambios son más extremos, el proyecto puede incluso volverse económicamente inviable ( $NPV < 0$ ).

## **Capítulo 5. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS**

Se ha conseguido diseñar con éxito un planificador integral de migración para la infraestructura de TI de una organización, pasando de un centro de datos local convencional a un sistema basado en la nube. Los objetivos propuestos al comienzo del proyecto se han cumplido con éxito, por lo que se espera que este haya proporcionado conocimientos y contribuciones de interés al campo de las migraciones Cloud.

En primer lugar, se investigó y recopiló información sobre numerosos documentos y herramientas. Esta actividad fue esencial, ya que sirvió como punto de partida para crear las Metodologías de Evaluación y Planificación, las cuales sirvieron a su vez como base para la creación del modelo, sus variables y sus datos de entrada.

A continuación, se desarrollaron dos metodologías, la primera enfocada en la evaluación del portafolio y la segunda en la planificación de los procesos y recursos. Por un lado, la Metodología de Evaluación sirve de base para analizar, clasificar y valorar exhaustivamente cada aplicación basándose en sus características técnicas. Esta metodología proporciona un enfoque estructurado para evaluar las aplicaciones en función de su idoneidad para la migración, asegurando una toma de decisiones informada y eficiente. Por el otro lado, la Metodología de Planificación se centra en la proyección de esfuerzos, tiempo y costes. Esta metodología es esencial para la correcta asignación de los recursos humanos, tecnológicos y financieros necesarios para llevar a cabo la migración de manera exitosa. Adicionalmente, el análisis financiero sirve como baremo para corroborar la viabilidad económica del proyecto.

Por último, se diseñó y creó con éxito una herramienta de migración práctica que implementa las metodologías descritas anteriormente. En lugar de ceñirse exclusivamente a poner a replicar la metodología, la herramienta incorpora características como tablas de resultados y *dashboards*, lo que permite a los usuarios identificar rápidamente puntos críticos de análisis y planificación. Su modularidad permite modificar la metodología de cada apartado

independientemente, de tal forma que la funcionalidad del resto no se vea comprometida. Esto ofrece gran versatilidad y escalabilidad para toda clase de industrias.

En general, este proyecto ha logrado sus objetivos y ha contribuido al campo de las migraciones Cloud. El análisis integral, las metodologías de planificación y la herramienta desarrollada pueden resultar recursos de alto valor para las organizaciones que busquen aprovechar los beneficios de la tecnología Cloud con un nivel de riesgo mínimo y un proceso de migración equilibrado y eficiente.

## **5.1 TRABAJOS FUTUROS**

Pese a que esta herramienta se ha concebido como una simulación integral del proceso de análisis y planificación de una migración Cloud, lo cierto es que tiene mucha cabida a mejora. Su diseño modular permite modificar cada uno de sus apartados de forma casi independiente, por lo que el modelo desarrollado podría servir como base para proyectos futuros de la misma índole.

**Mejorar el funcionamiento de módulos excesivamente simples.** Este sería el caso, por ejemplo, del cálculo de los Costes de Migración, que se trata sencillamente de multiplicar el coste por día de cada fase por la duración de esta. Si se introdujeran nuevas variables, como el número de empleados o la especialización de estos (arquitectos, desarrolladores, *testers*...), el módulo mejoraría en realismo. Cabe señalar que no siempre es positivo realizar este tipo cambios, ya que pueden aumentar la complejidad del modelo en exceso.

**Asemejar los datos de entrada a la realidad.** Si bien es cierto que los datos introducidos han servido perfectamente para comprobar y ajustar el funcionamiento de la herramienta, lo cierto es que los valores de los atributos de las aplicaciones pecan de falta de realismo. Sería muy positivo probar el funcionamiento del modelo introduciendo valores más próximos a la realidad.

**Asemejar las variables auxiliares del modelo a la realidad.** Pese a que emplear datos de entrada realistas es un gran avance, el verdadero punto de inflexión sería utilizar variables

realistas para los módulos. Esto incluye los honorarios, esfuerzos, tiempos y costes de operación, entre otros.



## Capítulo 6. BIBLIOGRAFÍA

AWS. (2023). *Calculadora de precios de AWS*. Amazon Web Services.  
<https://calculator.aws/#/>

Ekuan, M., Sumner, S., & Zimmergren, T. (2023, 27 marzo). *Create a business case for cloud migration - Cloud Adoption Framework*. Microsoft Learn.  
<https://learn.microsoft.com/en-us/azure/cloud-adoption-framework/strategy/cloud-migration-business-case>

EY. (2022). *Las 6R de la migración a la nube*. *EY Journey to the Cloud*.  
[https://www.ey.com/es\\_ve/consulting/journey-to-cloud/las-6r-de-la-migracion-a-la-nube](https://www.ey.com/es_ve/consulting/journey-to-cloud/las-6r-de-la-migracion-a-la-nube)

Goncalves, Berner, M., & Hansen, Z. (2021, noviembre). *Application portfolio assessment guide for AWS Cloud migration*. AWS Prescriptive Guidance.  
<https://docs.aws.amazon.com/prescriptive-guidance/latest/application-portfolio-assessment-guide/introduction.html>

Google Cloud. (2023). *Migra a Google Cloud: comienza ahora*. *Google Cloud*.  
<https://cloud.google.com/architecture/migration-to-gcp-getting-started?hl=es-419>

IBM. (2023). *Aspera - File transfer calculator*. <https://www.ibm.com/aspera/file-transfer-calculator/>

Microsoft 365. (2023). *Software de hojas de cálculo Microsoft Excel*. Microsoft 365.  
<https://www.microsoft.com/es-es/microsoft-365/excel>

Microsoft Azure. (2023). *Pricing Calculator*. <https://azure.microsoft.com/en-us/pricing/calculator/>

Orban. (2022, 28 abril). *6 Strategies for Migrating Applications to the Cloud | Amazon Web Services*. AWS Cloud Enterprise Strategy Blog.

<https://aws.amazon.com/es/blogs/enterprise-strategy/6-strategies-for-migrating-applications-to-the-cloud/>

Woods. (2021, 3 febrero). *Cloud Suitability Analyzer: Scan and Score Your Apps' Cloud Readiness for Faster Migration.* VMware Blog.  
<https://tanzu.vmware.com/content/blog/cloud-suitability-analyzer-scan-score-apps-cloud-readiness>

## **ANEXO A. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE**

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) son un conjunto de metas globales establecidas por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en 2015 con el fin de erradicar la pobreza, proteger el planeta y promover la prosperidad a nivel global. Estos objetivos abarcan una amplia gama de áreas, desde la lucha contra el cambio climático hasta la promoción de la igualdad de género y el acceso a la energía sostenible. En total, se establecieron 17 objetivos y 169 metas específicas que deben ser alcanzados para el año 2030.

Este proyecto se enmarca en la agenda de los ODS, específicamente en los objetivos 7 y 9. El Objetivo 7 busca garantizar el acceso a una energía asequible, confiable, sostenible y moderna para todos, mientras que el Objetivo 9 busca construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible, además de fomentar la innovación. Ambos objetivos son fundamentales para el desarrollo sostenible y están estrechamente relacionados con la migración de la infraestructura de TI al Cloud.

### ***OBJETIVO 7: GARANTIZAR EL ACCESO A UNA ENERGÍA ASEQUIBLE, SEGURA, SOSTENIBLE Y MODERNA***

El presente proyecto contribuye al Objetivo 7 de los ODS, que busca garantizar el acceso a una energía asequible, confiable, sostenible y moderna para todos. Específicamente, se relaciona con las metas 7.2 y 7.3:

**7.2: Aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas.** Este proyecto fomenta la adopción de soluciones basadas en tecnologías Cloud, lo que implica el abandono parcial de las infraestructuras convencionales. Cabe destacar que los grandes hiperescaladores del mercado están haciendo grandes esfuerzos en asegurar que su infraestructura física es alimentada por fuentes de energía

renovables. Además, estos proveedores de servicios presentan, por lo general, unas tasas de eficiencia energética muy superiores a los data centers convencionales. Al migrar a la nube, se contribuye a reducir la huella de carbono y a impulsar la transición hacia un modelo energético más sostenible.

**7.3: Duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética.** Mediante el diseño de un plan integral de migración, este proyecto tiene como objetivo maximizar la eficiencia energética de los servicios TI de las organizaciones. La adopción de tecnologías y servicios en la nube proporciona una mayor eficiencia en comparación con los sistemas locales tradicionales. Al aprovechar la arquitectura escalable y compartida de la nube, se optimizan los recursos y se reduce el consumo energético asociado a los centros de datos convencionales. De esta manera, el proyecto contribuye a duplicar la tasa global de mejora en eficiencia energética, promoviendo la transición hacia una economía más sostenible y resiliente.

## ***OBJETIVO 9: CONSTRUIR INFRAESTRUCTURAS RESILIENTES, PROMOVER LA INDUSTRIALIZACIÓN SOSTENIBLE Y FOMENTAR LA INNOVACIÓN***

**9.1: Desarrollar infraestructuras fiables, sostenibles, resilientes y de calidad.** Este proyecto se enfoca en la creación de una infraestructura de TI basada en la nube, que ofrece fiabilidad, sostenibilidad y resiliencia mejoradas en comparación con los centros de datos convencionales. Al adoptar la infraestructura de nube, se promueve el acceso asequible y equitativo a los servicios de tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), respaldando así el desarrollo económico y el bienestar humano.

**9.4: Modernizar la infraestructura y reconvertir las industrias para que sean sostenibles, utilizando los recursos con mayor eficacia.** Este proyecto impulsa la adopción de tecnologías de la nube, lo que permite una modernización de la infraestructura tecnológica hacia soluciones más sostenibles. Al utilizar recursos de manera más eficiente y promover

procesos industriales limpios, se contribuye a la transformación hacia una industria más sostenible y a la mitigación de los impactos ambientales. Además, al facilitar el acceso a tecnologías de la información y las comunicaciones, se fomenta la innovación y se promueve un desarrollo inclusivo en el contexto de una infraestructura tecnológica sostenible.

En resumen, este proyecto contribuye a los Objetivos de Desarrollo Sostenible al promover el acceso a una energía asequible y no contaminante (Objetivo 7) y alentar el desarrollo de infraestructuras sostenibles, así como la adopción de tecnologías de la información y comunicaciones más eficientes (Objetivo 9). A través de la migración a la nube, se busca impulsar la eficiencia energética, la resiliencia de las infraestructuras y la innovación en el contexto de un desarrollo sostenible a nivel global.