Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

ANÁLISIS SOCIO-ECONÓMICO DEL PROYECTO DE INTEGRACIÓN Y SOTERRAMIENTO DEL FERROCARRIL EN PALENCIA.

TRABAJO FINAL DE MASTER

Trabajo realizado por:
María Ercilla Rodríguez.

Dirigido:
Saúl Torres Ortega
Rogelio Olavarri Fernández

Titulación:
Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

Santander, Septiembre de 2016.

RESUMEN

"Análisis socio-económico del proyecto de integración y soterramiento del ferrocarril en Palencia".

Autor: María Ercilla Rodríguez.

Directores: Saúl Torres Ortega y Rogelio Olavarri Fernández.

Convocatoria: Santander, septiembre de 2016.

Palabras clave: Análisis Coste-Beneficio, análisis socio-económico, viabilidad, proyectos, inversión, indicador de rentabilidad, valoración monetaria, análisis de sensibilidad, análisis de riesgo, accesibilidad, soterramiento, ferrocarril, vías de tren, Palencia.

RESUMEN

Si se realiza una fotografía aérea de la ciudad, se puede observar que, Palencia se encuentra separada, dividida en dos. Inicialmente, el ferrocarril no suponía un estorbo para la ciudad, ya que las vías se encontraban alejadas del núcleo urbano. Con el paso de los años, y con el aumento de la población, los límites de la ciudad se quedaban pequeños, obligando de esta forma a que los palentinos se empezaran a asentar al otro lado de las vías. Tanto ha sido el crecimiento desde que llego el ferrocarril a Palencia que, hoy en día, de los 80.000 habitantes con los que cuenta la ciudad, la mitad reside a un lado de las vías, y la otra mitad, en el otro lado.

Esta división entorpece la vida de los ciudadanos, obligándolos a realizar largos recorridos para poder cruzar hasta el otro lado de las vías. Largos trayectos que implica que los ciudadanos inviertan grandes tiempos de recorrido. Además de los problemas de accesibilidad, hay que destacar el ruido que se produce cuando el tren atraviesa la ciudad, aumentando los decibelios a lo largo de la traza, suponiendo molestias para los propietarios de las viviendas cercanas.

La solución del soterramiento pondría fin a todos estos problemas. Además, con la ejecución de este proyecto, los terrenos, que actualmente ocupan las vías del tren, quedarían libres, disponibles para poder ser urbanizadas y crear conexiones trasversales para favorecer la fluidez del transporte.

Llegado a este punto, las preguntas como: "¿Por qué no se realiza el soterramiento en la ciudad de Palencia?", o, "¿Es un proyecto inviable económicamente?", vuelven a saltar a las calles de la capital.

Desde el punto de vista de la viabilidad económica, es pertinente evaluar los proyectos e intervenciones que se realicen. Por este motivo, el objetivo principal de este

trabajo es la realización de un análisis coste-beneficio (ACB) de la posibilidad de ejecutar una integración del ferrocarril en la ciudad de Palencia. Este análisis deberá arrojar datos sobre la rentabilidad del proyecto y la idoneidad o no de llevar a cabo el mismo.

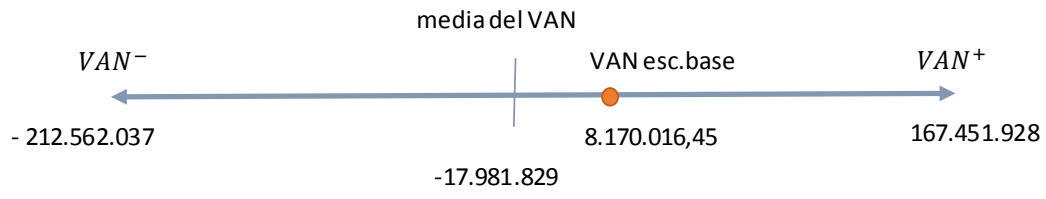
La metodología del ACB proporciona apoyo en la valoración y toma de decisiones, comparando todos los costes y beneficios asociados a un proyecto. Será necesario crear diversos escenarios, aunque no se quite la vista del escenario base, y se calcularán los diversos indicadores económicos necesarios para determinar la eficiencia del proyecto.

La creación y estudio de los diversos escenarios planteados, ofrece una enorme variedad de resultados. Resultados que serán necesarios evaluar. Tras evaluar el escenario base, se revela un resultado positivo de la rentabilidad. Al obtener un VAN positivo indica que el proyecto es rentable socio-económicamente hablando, y, con el parámetro del ratio B/C arrojando un resultado próximo a la unidad, se verifica esta afirmación.

Por otro lado, el análisis de sensibilidad muestra que los parámetros coste del soterramiento, % de terreno destinado a uso residencial, altura media de los edificios, número de pasajeros en los vehículos, son parámetros críticos. Esto implica que, a pequeñas modificaciones en la cuantía de cada uno de ellos, conlleva elevadas variaciones en el resultado del indicador del VAN.

Algo que resulta por otro lado evidente y que por tanto valida el modelo desarrollado, ya que si se aumenta el coste del soterramiento, o, se disminuye la superficie destinada a la construcción de viviendas, o la altura de estas se encuentra por debajo de la media establecida, nos encontramos ante una situación en la que el indicador del VAN arrojaría resultados negativos, y se recomendaría la opción de no llevar a cabo el proyecto. Si, en vez de suponer esta tendencia, obligamos a que las variables que antes aumentaban, ahora disminuyan, y las que antes disminuían, ahora aumenten, obtendríamos resultados del indicador positivos. Valores, que además de positivos son elevados.

Para realizar un estudio completo, se realizará un análisis probabilístico, permitiendo así tener en cuenta un elevado número de escenarios aleatorios. De esta forma, se ha podido realizar un análisis que se ajuste en mayor medida a la variabilidad real de las variables consideradas. Una simulación en la que se consideran 500 casos aleatorios que permite interpretar los resultados en los que se puede observar que el VAN medio obtenido es negativo, siendo este igual a -17.981.829€.



A pesar de la poca diferencia entre este indicador, y el VAN calculado inicialmente, implicaría que la respuesta que se puede dar a la pregunta de si el proyecto del soterramiento es viable socio-económicamente, seria de NO, pero…

¿Cuál es el precio que tienen que pagar los habitantes de Palencia para poder destruir esta barrera?

SUMMARY

"Socio-economic analysis of the railway integration and burying project in Palencia city".

Author: Maria Ercilla Rodriguez.

Directors: Saul Torres Ortega y Rogelio Fernandez Olavarri.

Call: Santander, September 2016

Keywords: Cost-Benefit Analysis, socio-economic analysis, feasibility, projects, investment, profitability indicator, monetary value, sensitivity analysis, risk analysis, accessibility, underground, railroad, railroads, Palencia.

SUMMARY

If an aerial photograph of the city is made, it can be seen that Palencia is separated, split into two pieces. Initially, the railroad did not pose a hindrance to the city because the roads were far from the city center. Over the years and due to the increase in population, the city limits were reached, forcing the inhabitants of Palencia to settle on the other side of the tracks. The city has been growing so much since the railroad was introduced that, today, of the 80,000 inhabitants living in the city, half live on one side of the tracks, and the other half on the other side.

This separation hinders citizens lives, forcing them to make long journeys to cross to the other side of the tracks, causing long travel times. In addition to accessibility issues, we should mention the noise issues that occur when the trains run through the city. The generated decibels are an inconvenience to owners of nearby homes.

Creating an underground railroad would end all these problems. Furthermore, with the implementation of this project, land, currently occupied by the railway, would be freed and thus available to be urbanized and create transverse connections to improve traffic flow.

At this point, questions like: "Why isn't the burial place in the citycenter of Palencia?" Or, "Is it an economically viable project?" Are questions asked in the streets of the capital.

Economically speaking, it is relevant to assess the projects and interventions that have to be made. Therefore, the main objective of this work is the realization of a cost-benefit analysis (CBA) regarding the possibility of integrating the railway in the city of Palencia. This analysis should provide data on the suitability of carrying out the project and it's profitability.

CBA methodology provides support in the assessment and decision making, comparing all costs and benefits associated with a project. You need to create various scenarios, without losing sight of the baseline scenario, and calculate the various economic indicators required to determine the efficiency of the project.

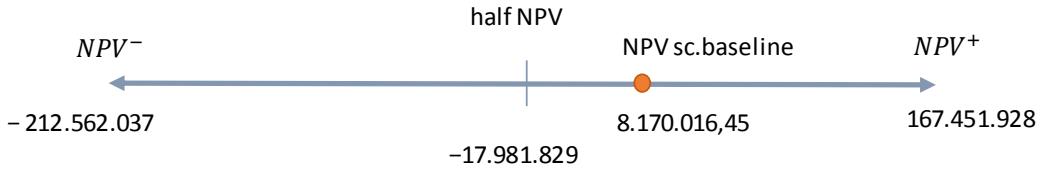
The creation and study of these possible scenarios, leads to a huge variety of results. Results that will need to be evaluated. After evaluating the baseline scenario, a positive result in profitability is revealed. Getting a positive NPV indicates that the project is profitable socio-economically speaking, and with the parameter of the ratio B / C yielding a result close to unity, this claim is verified.

On the other hand, the sensitivity analysis shows that the cost of undergrounding parameters,% of land intended for residential use, average building height, number of passengers in vehicles, are critical parameters. This means that small changes in the amount of each can create high variations in the output of the NPV indicator.

Obviously on the other side of the equation of the developed model we can get other results. For example if the cost of undergrounding is increased, or the area devoted to housing construction decreases, or the height of these buildings decreases below the established average, we have a situation where the NPV indicator would yield negative results, and the option not to carry out the project would be recommended. If, instead of assuming this trend, we force the variables previously increased to decrease, and previously decreased to increase, we would obtain a positive NPV indicator. Values, besides positive are high.

To perform a complete study, a probabilistic analysis was made allowing the consideration of a large number of random scenarios. Thus, it was possible to perform an analysis that conforms more to the actual variability of the variables considered.

A simulation in which 500 random cases were considered to interpret the results show that the average obtained NPV is negative, this being equal to € -17,981,829.



Despite the small difference between this indicator and the calculated NPV initially implying that the answer given to the question of whether the project is viable undergrounding socio-economically, would be NO, the question we should be asking ourselves is ...

What is the price the people of Palencia have to pay to destroy this barrier?

ANÁLISIS SOCIO-ECONÓMICO DEL PROYECTO DE INTEGRACIÓN Y SOTERRAMIENTO DEL FERROCARRIL EN PALENCIA

Alumno: María Ercilla Rodríguez

Tutores: Saúl Torres Ortega

Rogelio Olavarri Fernández

AGRADECIMIENTOS

Llegados a este punto en el que se cierra un capítulo en mi vida, me gustaría dedicar unas palabras a las personas que han hecho posible que yo llegue hasta aquí. Palabras que cuestan salir de mí, y que seguramente se queden cortas.

Agradecer a La Plataforma Ciudadana en Defensa del Soterramiento del Ferrocarril de Palencia, por brindarme toda la información posible desde el primer momento, por escuchar todas mis preguntas y, sobre todo, por ofrecerme grandes respuestas.

Dar la gracias a mi tutor, Saúl. Por su apoyo, su ayuda, sus consejos, su disponibilidad. Por su afabilidad. Y por su preocupación por que entendiese las cosas.

Agradecer a mis compañeros de las prácticas de mis últimos veranos, que son los grandes culpables de que hoy haya conseguido terminar este trabajo.

Gracias a mis amigas y amigos, por ser uno de los pilares fundamentales en este camino. Por reírnos de nuestros lloros, y por acabar llorando de risa. Por apreciar cada momento que pasas con esas personas. Por ver la luz del túnel con ellas desde fuera y no desde dentro.

Dar las gracias, también, a mi familia, sobre todo a mi padre, mi madre y mi hermano. Por tenerles cerca de mí a pesar de los kilómetros que nos separaban. Por ayudarme a levantarme en cada caída. Por demostrarme que todos los sacrificios traen consigo sus recompensas. Por hacerme ver el lado bueno de las cosas que suceden. Por esto y por muchas más cosas gracias. Mil gracias.

INDICE

1 INTRODUCCIÓN. 1
1.1 Objetivos. 1
2 METODOLOGÍA. 3
2.1 Evolución histórica. 3
2.2 Análisis coste-beneficio. 4
2.3 Metodología de análisis coste-beneficio 5
3 CASO DE ESTUDIO. 16
3.1 La llegada del tren a Palencia y provincia. 16
3.2 Palencia y el soterramiento. 20
3.3 Problemas Actuales a Los Que Se Enfrenta La Ciudad De Palencia. 27
4 APLICACIÓN Y ANÁLISIS DEL CASO. 31
4.1 Datos de partida. Parámetros Básicos. 31
4.1.1 Horizonte temporal 31
4.1.2 Tasa de descuento. 32
4.1.3 Tasa de inflación 32
4.1.4 Año de referencia. 33
4.2 Datos de partida .Parámetros intrínsecos a los impactos. 33
4.2.1 Accesibilidad. 34
4.2.2 Ruido. 38
4.2.3 Construcción de viviendas. 45
4.2.4 Soterramiento. 47
4.2.5 Encauzamiento. 47
4.2.6 Estudios Varios. 48
4.2.7 Otros costes. 48
5 RESULTADOS 49
5.1 Escenarios 49
5.1.1 Escenario 1- Caso Base. 50
5.1.2 Escenario 2. Caso Optimista. 51
5.1.3 Escenario 3. Caso Intermedio A. 53
5.1.4 Escenario 4- Caso Intermedio B. 54

5.1.5 Escenario 5. Caso Intermedio C. 56
5.1.6 Escenario 6- Caso Pesimista. 57
5.2 Análisis de la sensibilidad. 58
5.3 Análisis de riesgo. Montecarlo. 62
5.4 Discusión de los Resultados. 67
6 CONCLUSIONES. 71
7 BIBLIOGRAFIA 73
8 ANEXOS 75
8.1 Anexo 1. Fotografías 75
8.2 Anexo 2. Planos sobre la actuación del soterramiento. 84
9 INDICE DE FIGURAS Y TABLAS 93
9.1 Índice de Figuras. 93
9.2 Índice de Tablas. 95

1 INTRODUCCIÓN.

El actual análisis trata de dar respuesta a diversas preguntas que están presente en la mente de los palentinos desde hace más de dos décadas.

Si se realiza una fotografía aérea de la ciudad, se puede observar que, Palencia se encuentra separada, dividida en dos. Inicialmente, el ferrocarril no suponía un estorbo para la ciudad, ya que las vías se encontraban alejadas del núcleo urbano. Con el paso de los años, y con el aumento de la población, los límites de la ciudad se quedaban pequeños, obligando de esta forma a que los palentinos se empezaran a asentar al otro lado de las vías. Tanto ha sido el crecimiento desde que llego el ferrocarril a Palencia que, hoy en día, de los 80.000 habitantes con los que cuenta la ciudad, la mitad reside a un lado de las vías, y la otra mitad, en el otro lado.

Esta división entorpece la vida de los ciudadanos, obligándolos a desplazarse hasta determinados puntos para poder cruzar las vías, implicando así mayores tiempos de recorrido. Además de los problemas de accesibilidad, hay que destacar el ruido que se produce cuando el tren atraviesa la ciudad, aumentando los decibelios a lo largo de la traza, suponiendo molestias para los propietarios de las viviendas cercanas.

La solución del soterramiento pondría fin a todos estos problemas. Además, con la ejecución de este proyecto, los terrenos, que actualmente ocupan las vías del tren, quedarían libres, disponibles para poder ser urbanizadas y crear conexiones trasversales para favorecer la fluidez del transporte.

Llegado a este punto, las preguntas como: “¿Por qué no se realiza el soterramiento en la ciudad de Palencia?”, o, “¿Es un proyecto inviable económicamente?, vuelven a saltar a las calles de la capital”.

Para poder dar respuesta a estas preguntas, este trabajo fin de grado se plantea la realización de un análisis socio-económico del proyecto.

1.1 OBJETIVOS.

El objetivo principal de este trabajo es la realización de un análisis coste-beneficio de la posibilidad de ejecutar una integración del ferrocarril en la ciudad de Palencia. Este análisis deberá arrojar datos sobre la rentabilidad del proyecto y la idoneidad o no de llevar a cabo el mismo.

Para lograr este objetivo general, se plantean una serie de objetivos secundarios:

- Estudiar la metodología del ACB para poder proceder a su aplicación, estudiando su evolución histórica, conceptos básicos, etc.
- Estudiar el caso de la ciudad de Palencia y el ferrocarril…
- Ejecutar un ACB sobre el proyecto de soterramiento del ferrocarril en Palencia.

- Analizar los resultados obtenidos, incluyendo la realización de un análisis de sensibilidad y otro de riesgo.

Para lograr estos objetivos, el documento se ha estructurado como sigue:

En primer lugar se definirá en que consiste un análisis coste-beneficio (ACB), y cuál es la metodología empleada a la hora de evaluar proyectos.

A continuación, se realizará un recorrido a lo largo del tiempo, para dar a conocer como el ferrocarril se ha ido integrando dentro de la ciudad, y como la ha ciudad ha tenido que amoldarse para soportar el crecimiento.

Una vez expuestos los problemas existentes, se definirán los parámetros necesarios para realizar el análisis coste-beneficio. Para ello será necesario diferenciar entre parámetros básicos y parámetros intrínsecos.

Con los parámetros definidos, se realizará un primer estudio. Este primer estudio sirve de aproximación al resultado final. Ayuda a resolver la pregunta de si el proyecto del soterramiento es inviable económicamente. Al ser conscientes de que los parámetros definidos son variables, se decide realizar variaciones en los parámetros para obtener un abanico de respuestas a la pregunta de la viabilidad económica del proyecto. Con esta variación, también se consigue estudiar en qué medida afectan los parámetros utilizados en las respuestas obtenidas, mediante el empleo del análisis de sensibilidad.

Finalmente, y con una perspectiva más amplia, se procederá a realizar el análisis del riesgo. Se generará un número elevado escenarios, a partir de la variación de los parámetros. Todos estos escenarios se pueden describir como una película generada por esa variación aleatoria de las variables, mientras que el resultado obtenido en el primer estudio, es un fotograma de esta película. De esta forma se comparará el resultado y finalmente se podrá dar respuesta a la pregunta realizada por tantos palentinos. ¿Es el soterramiento un proyecto inviable económicamente?

2 METODOLOGÍA.

El objetivo de este apartado es describir el proceso a seguir para realizar el análisis coste-beneficio sobre la viabilidad del soterramiento del tren en la ciudad de Palencia.

Para ello se cree recomendable utilizar el método ACB (abreviatura procedente del Análisis Coste-Beneficio), mediante el cual se consigue evaluar todos los costes y beneficios asociados a un proyecto, además de servir de apoyo en la valoración y toma de decisiones.

Como ayuda para comprender mejor este sistema, es recomendable imaginarse una balanza, en el que en un lado se encuentran los ingresos, y en el lado contrario se sitúan los costes. Dependiendo de hacía que lado se incline la balanza se determinará la rentabilidad, o no, de un determinado estudio o proyecto.

Para cuantificar los beneficios y los costes es necesario tener en cuenta lo siguiente. Cuando se habla de ingresos, no solo se refiere a ingresos económicos, sino también a ingresos sociales y medioambientales, es decir, los beneficios que se derivan en la sociedad y al medioambiente una vez que el proyecto se haya ejecutado. Y al referirse a costes, se engloba los recursos utilizados, y los daños que puedan derivarse de implantar la solución.

2.1 EVOLUCIÓN HISTÓRICA.

A lo largo de la historia se ha ido desarrollando y mejorando este proceso de evaluación de las decisiones, pero es muy poco habitual encontrarlo dentro de un proyecto de ingeniería civil. Se puede decir que el primer trabajo que incluía muchos de los aspectos de este método, aparece en 1708 en Francia a cargo de Abab Saint-Pierre. El francés redactó un documento en defensa del desarrollo de carreteras en la región de Normandía. Este documento plasma un análisis de las consecuencias positivas y una estimación de los costes, además de una primera versión del análisis multi-criterio.

En el mismo país, pero en diferente siglo, el ingeniero y economista Jules Dupuit, define el modo en el que los costes y los ingresos deben de ser medidos, y formuló que para llevar a cabo una inversión, se debe de cumplir que los ingresos superen a los costes.

Con el paso del tiempo, el análisis económico se ha ido introduciendo dentro de los proyectos constructivos, sobre todo en los referentes a los estudios hidráulicos. Por este motivo, se enuncia que el criterio fundamental que deben cumplir los proyectos de este ámbito para saber si se debían de llevar a cabo o no, era que *“Los beneficios, cualesquiera que sean, y de quien quiera que se devenguen, deberán exceder de los costes estimados”.* Pero ya en el 1958, los economistas Kaldor y Hicks, proponen que

"*Son justificables aquellos proyectos cuyos beneficios compensan las pérdidas, independientemente de quien soporta los beneficios y quién los costes".*

Si se quiere acercar a épocas más actuales, la atención se centrará en el 1990. En este año la Comisión Europea lanza la primera versión de *"Guide To Cost-Benefit Analysis of Investment Projects"* (Guía para el Análisis Coste-Beneficio de proyectos de inversión). El objetivo de esta guía es la de servir de ayuda en la valoración económica de los proyectos que se realizan en los países pertenecientes a la Comisión Europea.

La última versión de esta guía data del 2014, donde se puede encontrar los requisitos para realizar un análisis coste beneficio, e incluso un análisis de este dependiendo de la rama de la ingeniería que nos encontremos con ejemplos para que su comprensión sea más sencilla.

En España, los desarrollos del método ACB no llevan los mismos pasos que los de la Comisión Europea. Pero a pesar de esto, existen algún que otro ejemplo de manual publicado por parte de las Administraciones Públicas, aunque solo sirvan de referencia. Entre estos documentos se puede destacar el manual de *"Evaluación Pública de Grandes Proyectos de Inversión"* publicado en el año 1987 por Vegara i Carrió, o el "*Manual de Valoración de Contingente"* de Riera del año 1994.

2.2 ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO.

Como se ha comentado anteriormente, el ACB se define como una metodología que proporciona apoyo en la valoración y toma de decisiones. Este posee ciertas diferencias dependiendo si es de tipo financiero o económico. A continuación se describe cada uno de ellos.

- **El Análisis coste-beneficio de tipo financiero**. Informa sobre la rentabilidad desde la perspectiva de un inversor privado. En este caso se contabilizan solamente los flujos de caja tal cual, independientemente de su naturaleza. Si, por ejemplo, parte de los ingresos derivados de la inversión proceden de subvenciones, estas serán consideradas como beneficios. Los costes y beneficios de la inversión que no sean valorados por el mercado no serán recogidos (valores sociales y ambientales).

- **El Análisis coste-beneficio de tipo económico**. Se articula desde la óptica del inversor público, que busca la maximización del bienestar social. Siguiendo con el ejemplo anterior, el inversor público no puede considerar las subvenciones como beneficios para compensar el coste de la inversión, dado que las subvenciones no suponen creación de nueva riqueza o bienestar social, sino mera redistribución de renta. Del mismo modo, no se consideran los impuestos pagados como flujos del

proyecto. Por esta razón, en el análisis coste-beneficio de tipo económico, además de los flujos de caja corregidos, se consideran costes y beneficios no valorados por el mercado.

En el caso de estudio del presente trabajo, se puede asemejar a un análisis de tipo económico por tratarse de una decisión pública. De esta forma, el ACB se convierte en un criterio para la toma de decisiones públicas.

Una vez diferenciados los costes y los beneficios, el siguiente paso será el de determinar si un proyecto es aceptable o no. Para ello se definen los siguientes criterios: "El criterio de Pareto", y "El criterio de Kaldor-Hicks".

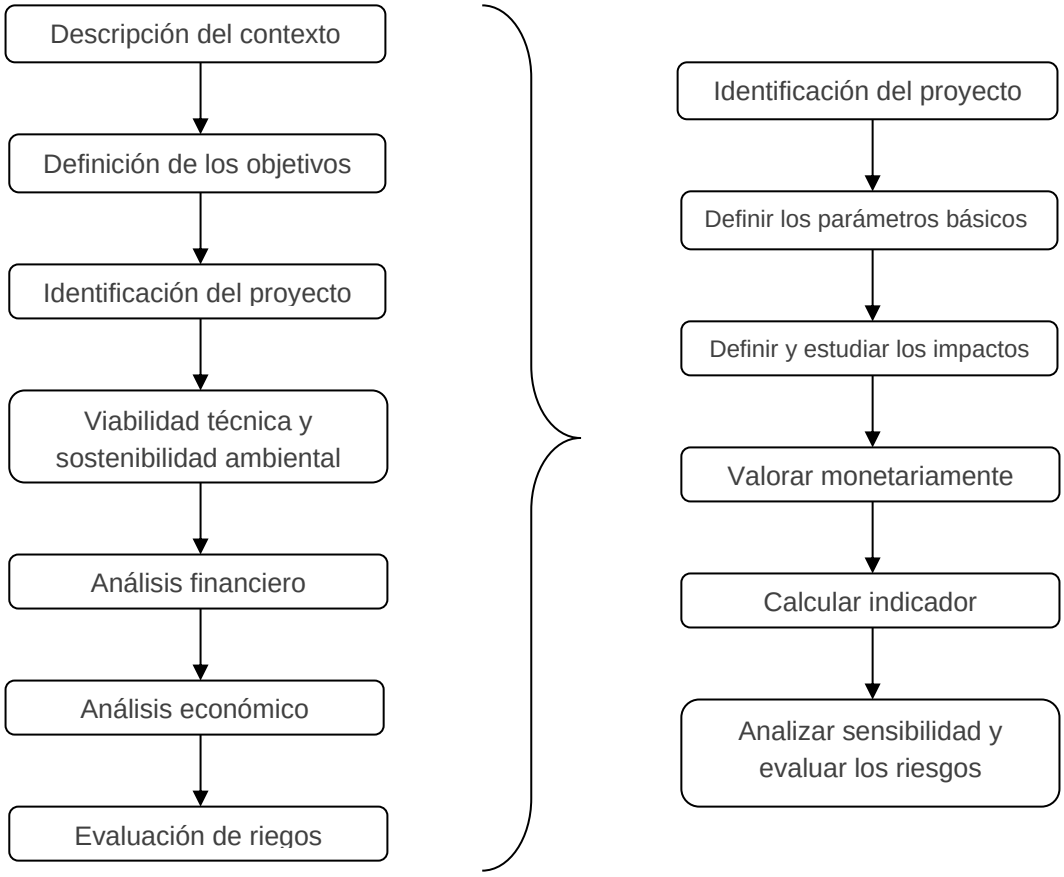
El *criterio de Pareto*, desarrollado por el economista italiano Vilfredo Pareto, define toda situación en la que no es posible beneficiar a una persona sin perjudicar a otra. Representa ese punto de equilibrio donde no se puede dar ni pedir sin que afecte al sistema económico. El Óptimo de Pareto se basa en criterios de utilidad: si algo genera o produce provecho, comodidad, fruto o interés sin perjudicar a otro, despertará un proceso natural que permitirá alcanzar un punto óptimo. Se puede considerar como una solución utópica, porque el principio básico de este es que no es posible encontrar ninguna otra solución que mejore el bienestar sin que nadie empeore el suyo.

Es muy difícil en la actualidad encontrarse con proyectos en los que nadie pierda y todos ganen. Por eso el análisis coste-beneficio se fundamenta en el principio de compensación, mediante el cual un cambio en la asignación de los recursos que beneficie a unos y perjudique a otros puede considerarse una mejora en el bienestar social, siempre y cuando los beneficiados pudieran compensar a los perjudicados. Siendo de esta forma una versión menos exigente que la del Criterio de Pareto.

Estas premisas se asemejan al criterio de *Kaldor-Hicks*, citado anteriormente, en el que en resumidas cuentas viene a decir que un proyecto sería aceptable si se da la posibilidad de que los beneficiarios pudieran compensar a los afectados.

2.3 METODOLOGÍA DE ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO

Uno de los libros tomados como referencia a la hora de realizar este estudio es la "Guía para el Análisis de Coste-Beneficio de proyectos de investigación". En él, se puede encontrar una serie de recomendaciones que se tienen que llevar a cabo. Entre estas sugerencias, se detalla el procedimiento necesario a seguir para elaborar el presente estudio. La guía considera 7 pasos, pero estos a su vez se pueden simplificar ahorrando un paso, tal y como se muestra en el siguiente esquema:



Una vez enumerados todos los pasos a realizar en el estudio de análisis coste-beneficio, se procede a dar una explicación más detallada de los mismos.

1. IDENTIFICACION DEL PROYECTO.

Se pretende realizar la completa descripción del proyecto, que incluirá desde la memoria descriptiva del mismo, hasta la planificación de su ejecución. Al mismo tiempo se pretende describir el área y la población afectada. Así que, este primer paso se centra en identificar:

- los elementos físicos y las actividades que se llevarán a cabo para proporcionar un bien o servicio determinado, y para lograr un conjunto bien definido de objetivos. Constan de una unidad auto-suficiente de análisis.
- el organismo encargado de la aplicación (a menudo referido como "promotor del proyecto" o "beneficiario"). Además de identificar sus capacidades técnicas, financieras e institucionales.
- la zona de impacto, los beneficiarios finales, y todas las partes interesadas. Estos estarán debidamente identificados.

Este método sirve tanto para analizar un análisis previo o posterior a la toma de decisión (Ex-ante o Ex-post). Conviene tenerlo bien diferenciado cuando se vaya a realizar el estudio, porque los métodos de análisis serán completamente diferentes.

En el caso de los ACB realizados ex-ante, es común la inclusión de una "situación base" o "alternativa cero". Esta alternativa describe la situación que se produciría si no se llevase a cabo ningún proyecto, de tal forma que permite obtener un marco comparativo entre las distintas alternativas que pueden estar bajo evaluación y la situación actual.

El problema asociado a la situación base, es que no es una alternativa estable, ya que esta sufrirá cambios a lo largo del tiempo, y son estos cambios los que hay que estudiar y comparar con la alternativa del proyecto. El estudio de la "alternativa cero" va enfocado a analizar de qué manera afecta al entorno que el plan no se lleve a cabo. Cuando los condicionantes del proyecto limiten las alternativas a dos escenarios, conocido como decisión binaria, entre la alternativa del proyecto y la situación base, se puede introducir un análisis sobre las consecuencias de una graduación de las acciones a ejecutar, es decir, un estudio de cuáles son los efectos de la implantación de acciones de una forma progresiva en el tiempo o en el espacio.

2. DEFINIR PARÁMETROS BÁSICOS

El siguiente paso a realizar es el de definir una serie de parámetros que afecten al resultado final.

Entre los parámetros a definir se pueden encontrar: el horizonte temporal, la tasa de descuento, la tipología de descuento, el año de referencia, parámetros intrínsecos al proyecto y parámetros intrínsecos a los impactos. Pero los dos más importantes a fijar son el del horizonte temporal del análisis y la tasa de descuento que se va a aplicar durante el proceso de cálculo del indicador de rentabilidad. En las siguientes líneas se definirán cada uno de ellos.

- Año de referencia. Trata de evaluar los efectos económicos con relación a los costes y beneficios que se están suponiendo en el determinado estudio.

- Horizonte temporal. Este parámetro también es conocido como periodo de referencia. Su valor es muy importante de fijar, ya que se va a aplicar durante el proceso de cálculo del indicador de rentabilidad.

  El horizonte temporal, es un determinado valor de años mediante el cual se pretende cubrir las previsiones del flujo de caja del proyecto, y los posibles impactos que se generen a largo plazo.

- Tasa de descuento. El objetivo de este parámetro es calcular el valor presente de los flujos futuros. Refleja el costo de oportunidad del capital. Refleja el punto de vista social sobre como los beneficios y costes futuros deben valorarse frente a los actuales, ya que este tipo de proyectos se dedica a realizar inversiones cuyos beneficios son obtenidos años más tarde de realizar el gasto inicial.

  Esto tiene una consecuencia importante para el análisis, porque cada proyectista puede definir una tasa de interés o coste de capital específica diferente, ya que es un concepto que presenta cierta percepción visual. En ese sentido, el cálculo del proyecto tiene que tener en cuenta:

  -el flujo al que se va descontar, en relación a lo que representa,

  -el flujo que se va descontar, en relación a qué información contiene,

  -y el costo relevante para cada decisor del proyecto,

  Por lo cual puede tener una tasa diferente en función del impacto.

  De manera operativa, la tasa de descuento se requiere para calcular el valor actual neto, así como para el análisis del tratamiento del riesgo.

- Tasa de inflación: con este parámetro se pretende estudiar la elevación de los precios de un determinado servicio en el mercado en un periodo de tiempo, generalmente un año. Hay varios índices de nivel general de precios: el IPC (Índice de Precios al Consumo), el Deflactor de la Producción, el Índice de Precios Industriales (IPI), Índice de Precios de Alimentos (IPA). Para este estudio basta con definir el IPC.

  El IPC es una medida de los precios agregados y se calcula como una media ponderada de la relación entre el precio de los bienes en un año t respecto a un año base 0. Este parámetro se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$IPC_t = g_1^0 \frac{p_1^t}{p_1^0} + g_2^0 \frac{p_2^t}{p_2^0} + \cdots + g_n^0 \frac{p_n^t}{p_n^0}$$

  donde:

  IPC_t = Valor dl IPC en el año t.
  p_i^j = Precio del bien i en el año j.
  n = Número de bienes de la cesta.

g_i^0 = Porcentaje del gasto de la familia “media” en el bien i en el año j.

Los efectos de la inflación en una economía son diversos, y pueden ser tanto positivos como negativos.

Se dice que la tasa de inflación disminuye cuando el IPC crece a una tasa inferior, es decir, pasa de una tasa de 17% a una de 14%, los precios crecen menos, pero siguen creciendo. Los descensos del IPC reciben el nombre de tasa de inflación negativa o deflación.

3. DEFINIR Y ESTUDIAR LOS IMPACTOS

Una vez definido los parámetros básicos, el siguiente paso es el de identificar aquellos impactos que se derivan de la realización del proyecto. Definir y enumerar todos aquellos impactos que afecten a la población, no solo durante la ejecución o la puesta en marcha del proyecto, sino que también hay que considerar los efectos que puedan generar a largo plazo.

Se tendrá que considerar cualquier beneficio o coste que se produzca, sin independencia de a quién afecte o del espacio temporal en el que ocurra, aunque habrá veces que aparezcan impactos procedentes del proyecto que se salgan del área de estudio, pero que se tendrán que tener en consideración.

El ACB busca elegir aquellos proyectos que hacen que la utilidad social aumente, aumentando el valor de algunos bienes por encima de la depreciación que experimentan otros. Los ingresos que se obtienen de un proyecto pueden producirse por el aumento de la calidad o cantidad de bienes con valor positivo (o por bajadas de su precio), mientras que los gastos que se producen son por el descenso de la calidad o cantidad o por la subida de precios.

Cuando se tengan reunidos todos los impactos, el siguiente paso es el de identificar cuáles de esos impactos son realmente relevantes para el estudio. ¿Cómo identificarlos? Se puede decir que un impacto es relevante cuando afecta al menos a una persona.

Es recomendable hacer una diferenciación entre los ingresos y los costes, para proceder al estudio diferenciado de cada uno de ellos. Considerando que los ingresos son aquellos que pueden producirse por un aumento de la calidad de los bienes, o bien por un aumento de su cantidad. Mientras que los costes son los vinculados a los descensos tanto en la calidad, como en la cantidad de un bien.

4. VALORAR MONETARIAMENTE

Una vez identificados todos los costes y beneficios, y elegidas las unidades en los que serán medidos, el siguiente paso será el de asignar su valor monetario correspondiente. Este valor se debe de medir en unidades monetarias constantes y homogéneas, independientes del tiempo en el que se produzcan. Se puede distinguir dos situaciones, según existan precios de mercado o no para los ítems que se valoran.

- **Valoración de costes y beneficios para los que existe mercado.** Al tratarse de recursos para los que existe mercado, el precio, que iguala costes marginales sociales y beneficios marginales sociales, puede ser utilizado como medida del coste de oportunidad de los mismos. Ahora bien, para que el precio refleje adecuadamente el coste de oportunidad, el mercado ha de ser perfecto. Es decir, no deben existir distorsiones en el mismo provocadas por cualquier causa. En este caso, el precio de mercado será el valor a adoptar por el análisis.

  Por el contrario, si el mercado es imperfecto, debido a la presencia externalidades, información imperfecta, recursos desempleados, o los bienes se encuentran gravados por impuestos indirectos o subvenciones, o el proyecto es de tal envergadura que modifica la estructura de precios relativos, entonces el precio no refleja el coste social de oportunidad o de valoración social de los bienes. En ese caso, el precio se forma a partir de las valoraciones marginales y de los costes marginales exclusivamente privados, ignorando el efecto externo.

  El analista debe ser especialmente cauteloso al respecto ya que no en todos los casos existirá una misma respuesta.

  Otro problema surge cuando existen recursos desempleados. Si el proyecto público requiere contratar factores involuntariamente desempleados, como por ejemplo, mano de obra, el coste de oportunidad de los mismos es cero, o próximo a cero en la medida que la alternativa del ocio en desempleo posea alguna valoración positiva para el trabajador. El proyecto será menos costoso, en consecuencia, en épocas de desempleo. Incluso si la generación de empleo posee una valoración social positiva, la contratación de mano de obra desocupada podría contemplarse como un beneficio adicional del proyecto.

- **Valoración de costes y beneficios para los que no existe mercado.** Buena parte de los servicios públicos responden a la denominación de productos de no mercado, o dicho de otra forma, productos que no se van a

vender en el mercado. Por otra parte, los costes y beneficios intangibles, como los efectos sobre la naturaleza, el medio ambiente, la salud o el bienestar percibido por los ciudadanos, no encuentran una valoración en el mercado. En estos casos, hay que tratar de encontrar valores monetarios que reflejen las valoraciones sociales de estos bienes en ausencia de mercado.

Existen diversos métodos de valoración monetaria de efectos intangibles de los proyectos utilizados en la práctica de la evaluación económica.

5. CALCULO DE INDICADORES

Cuando se llega a esta etapa del análisis, una vez que se posee todos los impactos cuantificados y expresados en una misma unidad de medida, entonces el siguiente paso es el de generar un indicador que permita calcular la rentabilidad del proyecto.

El más empleado en este tipo de análisis es el *Valor Actualizado Neto (VAN).* Es el valor actual de la corriente de beneficios y costes del proyecto

$$VAN = -I_0 + \sum^{n} \frac{F_i}{(1+r)^i}$$

Donde:

F_i representa los flujos de caja en cada periodo i.

I_0 es el valor del desembolso inicial de la inversión.

r es el tipo de interés

n es el número de periodos considerados.

Este indicador, es excluyente. A la hora de analizar un único proyecto se estudiará su VAN. Cuando este indicador sea positivo, quiere decir que la suma de los beneficios del proyecto es mayor que la de los costes. En el caso de que el VAN<0, no interesa realizar el proyecto ya que los costes superan a los beneficios generados. Habrá situaciones en las que participen más de un proyecto, en estos casos se estudiará el indicador de cada uno de ellos, y se optará como solución aquella alternativa que tenga un mayor VAN. Al elegir esta solución, se está optando por aquellos proyectos que aumentan el bienestar social.

La ventaja del VAN es que se presentan directamente las ganancias totales netas del proyecto. Se considera la medida correcta de la contribución neta del proyecto al bienestar social.

Otro posible indicador a utilizar es *el ratio beneficio-coste (B/C)*, pretende determinar si el proyecto es conveniente o no, mediante la enumeración y posterior valoración en términos monetarios de todos los costes y beneficios de dicho proyecto.

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum_{i=0}^{n} \frac{Bi}{(1+d)^i}}{\sum_{i=0}^{n} \frac{Ci}{(1+d)^i}}$$

Donde:

Bi , valor de los beneficios actualizados (ingresos).

Ci, valor de los costos actualizados (egresos).

De acuerdo con este criterio, la inversión en un proyecto productivo es aceptable si el valor de B/C >1. Al obtener un valor igual a 1 significa que la inversión inicial se recuperó satisfactoriamente después de haber sido evaluado a una tasa determinada, y quiere decir que el proyecto es viable. Si B/C <1, este proyecto no presenta rentabilidad, ya que la inversión del proyecto jamás se pudo recuperar en el periodo establecido evaluado a una tasa determinada. En cambio si la relación B/C>1, significa que además de recuperar la inversión y haber cubierto la tasa de rendimiento se obtuvo una ganancia extra, un excedente en dinero después de cierto tiempo del proyecto.

Como tercer indicador podemos tener la *tasa interna de rendimiento (TIR)*. Se define como la tasa de descuento "r" que hace que el valor actual de un proyecto sea cero.

$$0 = \sum_{i=0}^{n} \frac{Bi - Ci}{(1+t)^i}$$

Donde:

Bi, valor de los beneficios actualizados (ingresos).

Ci, valor de los costos actualizados (egresos).

La TIR muestra el rendimiento del proyecto y por tanto cuanto mayor sea la TIR de una alternativa es más probable que ese proyecto sea el preferido. La regla de decisión es llevar a cabo el proyecto si la TIR excede el coste de oportunidad.

Hay que tener en cuenta que la regla no es inequívoca. La ecuación es un polinomio de grado n que admite hasta n soluciones para i. El número de soluciones que tenga dependerá del número de veces que los costes excedan a los beneficios, o que $(Bi - Ci)$ cambie de signo a lo largo del tiempo.

Según la Comisión Europea se aconseja utilizar la TIR con cuidado, ya que realizar una clasificación del proyecto basada en dicho indicador, puede dar lugar a resultados engañosos.

El documento continúa diciendo que puesto que para calcular el VAN y la TIR son necesarios los mismos datos, a excepción de la tasa de descuento. En resumidas cuentas, siempre merece la pena calcular el VAN, ya que son muchas las razones que recomiendan emplear el VAN como criterio de decisión

6. ANÁLISIS DE LA SENSIBILIDAD Y DE RIESGOS.

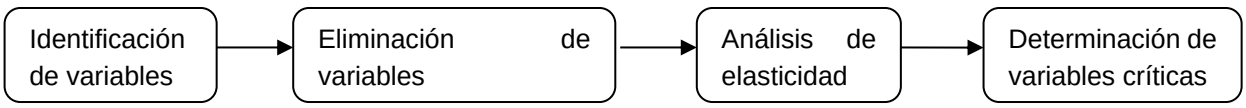
Es una etapa fundamental a introducir en el análisis coste-beneficio, ya que busca analizar cómo afecta al resultado final la variabilidad de los parámetros.

Recordar que para calcular el VAN, se han utilizado una serie de valores que son los que se disponen en el momento de realizar el estudio. Sin embargo, estos valores pueden variar, con lo que el resultado obtenido podría ser completamente distinto. Entonces en el momento de la realización del ACB, hay que considerar que no se tiene una fiabilidad del 100% de que justo vaya a ocurrir una determinada acción, ya que la obtención de los datos es un proceso de incertidumbres. Por este motivo, se introduce una etapa fundamental dentro del Análisis Coste-Beneficio. Esta etapa es la del análisis de la sensibilidad.

Con este análisis se consigue determinar que variables o parámetros son los críticos dentro de un proyecto. Para encontrarlas solo hay que observar las variables que al ser modificadas (una a una), produzcan un alto impacto sobre el indicador final de rentabilidad (VAN).

El criterio que se adopta para la determinación de las variables críticas puede variar, pero como norma general la recomendación es considerar como variables críticas aquellas cuya variación de un 1% con respecto a su valor más probable se traduce en un cambio de al menos un 1% en el indicador de rentabilidad.

Los pasos que se puede seguir en el análisis de sensibilidad son los siguientes:



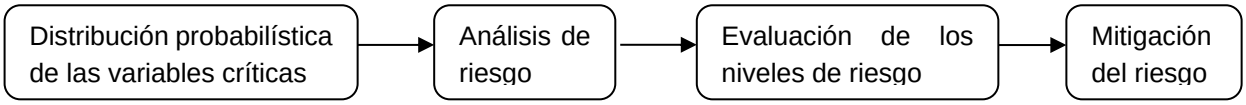
Una vez identificadas las variables utilizadas para calcular el indicador del análisis, el estudio se centrará en aquellas variables que puedan generar más problemas, como son las variables dependientes. Se procederá a su eliminación, ya que las variables dependientes pueden introducir distorsiones en el resultado así como un problema de doble contabilidad, al incluir las variables redundantes.

Tras realizar un análisis cuantitativo previo, se analiza el impacto de las variables y se selecciona aquellas con una baja elasticidad marginal. Así el análisis se puede limitar a aquellas que resulten más significantes, analizando su elasticidad con los cálculos correspondientes. En cada caso será necesario determinar los valores máximo y mínimo del análisis, así como las diferencias (absolutas y en porcentaje) sobre el indicador de rentabilidad.

Al final del proceso se obtendrá una selección de las variables críticas del modelo, intentando que el número de estas sea pequeño.

Un caso particular del análisis de sensibilidad, es el análisis de escenarios. En este caso en vez de estudiar cada una de las variables por separado, lo que se analiza es cómo influye un conjunto de variables críticas, creando de esta forma dos escenarios diferentes. El optimista, y el pesimista. Para realizar esto es necesario elegir para cada una de las variables críticas los valores extremos de las mismas en función de su distribución más probable. Una vez hecho esto, se calcula el resultado del indicador de rentabilidad para cada uno de los escenarios.

Otra etapa fundamental a tener en cuenta es el análisis de riesgo. Con este, lo que se consigue es determinar la probabilidad que tiene un proyecto de llevarse a cabo de forma satisfactoria, en términos de rentabilidad. Aquí la probabilidad se tiene que entender como un índice, tomando distintos valores según el nivel de certeza. Siendo el valor uno cuando se tiene certeza absoluta, cero cuando la certeza de la predicción no está confirmada, y valores intermedios para cualquiera del resto de las situaciones posibles. Los pasos que se puede seguir en el análisis de riesgo son los siguientes



Para la distribución probabilística de las variables críticas es necesarios asignar una distribución de probabilidad a cada una de las variables críticas. La distribución de probabilidad se puede obtener de diferentes fuentes.

Una vez que se tiene la distribución probabilística de las variables, se puede calcular la distribución de probabilidad del indicador de rentabilidad del proyecto, para ellos se recurrirá al Método de Montecarlo.

El siguiente proceso permite vincular el indicador de rentabilidad con la probabilidad de ocurrencia asociada, de esta forma no solo se podrá tomar decisiones en función del valor del indicador, sino que también se podrán realizar en función de su probabilidad, así como de su valor esperado más probable.

Por último, se pueden llevar a cabo acciones para reducir la incertidumbre del resultado final, ya que uno de los fallos que más se cometen cuando se realizan este tipo de estudios, es el de ser demasiado optimista. Entonces con esta etapa se consigue reducir los niveles de optimismo.

3 CASO DE ESTUDIO

3.1 LA LLEGADA DEL TREN A PALENCIA Y PROVINCIA.

La llegada del ferrocarril a Palencia, tuvo lugar en 1860, tras la apertura del tramo que unía Alar del Rey con Venta de Baños. Pero se sabe que este medio de transporte pisó tierras palentinas años antes.

La idea original por la que surge esta línea de ferrocarril, es la de unir Santander con la Meseta Central en 1845, teniendo como punto de partida Alar del Rey. Esta localidad palentina se encuentra ubicada a unos 80 kilómetros al norte de la provincia.

El motivo de la conexión entre ambos puntos, era el del transporte del grano desde Palencia hasta el Cantábrico. La ciudad palentina era considerada, en aquella época, uno de los graneros de España. El enlace entre la capital y Alar del Rey se lograba mediante el famoso Canal de Castilla, utilizado en aquella época como modo de transporte de mercancías.

Con el paso de los años, la demanda de trigo, harina y vino aumentaron notablemente. Ante este incremento, la Compañía del Canal de Castilla se encontraba ante la tesitura de prolongar dicho canal, o construir un ferrocarril, para que la mercancía pudiera ser transportada de una comarca a otra. Definitivamente se decantaron por esta última solución, tras la imposibilidad de salvar la divisoria entre los ríos Ebro y Duero, que se elevaba 142 metros sobre Alar del Rey. Otro de los motivos por los que la Compañía se inclinó hacia la idea de construir el ferrocarril, era que no podían contar con agua suficiente para dar caudal a ese tramo. A ello, habría que añadir el rápido descenso desde la Cordillera Cantábrica hacia Santander, implicando un control excesivo de dichos caudales de agua. Lo cual era muy costoso.

Figura 1.- Viaducto de Marlantes, línea Santander a Alar del Rey (fuente:Wikipedia)

Con el proyecto del ferrocarril iniciado, la empresa del Canal de Castilla se decantó por abandonar su ejecución, debido a las grandes dificultades de llevar a cabo con éxito dicha obra. A consecuencia de esta decisión, y para no verse involucrados en grandiosas pérdidas, la burguesía de Santander opta por continuar con la idea del ferrocarril. Consiguiendo de esta forma la concesión de la línea de ferrocarril a finales de 1851, para unir Santander con la Meseta.

Las obras comenzaron en Santander el 3 de mayo de 1852. Cabe resaltar, que el tramo más importante para los palentinos, es el de Alar del Rey-Reinosa. Este tramo finaliza en 1857, el cual atravesaba el puerto de Pozazal, de 1002 metros de altitud.

Mientras se construía la línea entre Alar y Santander, se hacía presente la necesidad de unir el nuevo trazado con el resto de las redes ferroviarias que estaban proliferando en España. Por eso se decidió, que una de las mejores soluciones era, unir Alar del Rey con Venta de Baños. Estos dos pueblos de la provincia de Palencia se encontraban distanciados 90 kilómetros entre sí, y en 1860, había llegado a Venta de Baños la línea que pretendía unir Madrid con la frontera francesa en Hendaya. De esta forma el tren llegaría a Palencia en 1860.

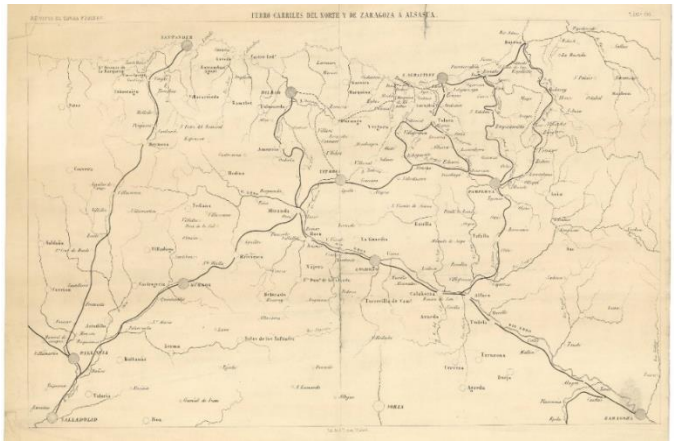


Figura 2.- Mapa de 1861 de los ferrocarriles del norte (Fuente: Wikipedia).

Destacando la posición privilegiada de Palencia dentro de la península ibérica, y, pudiéndose considerar como una ciudad de paso, en 1875 se decidió poner en marcha el tramo Palencia-León. Línea que buscaba unir Palencia con Galicia.

Figura 3.- Mapa ferroviario de principios de 1870, unión de Palencia con Galicia (Fuente: Wikipedia).

En los años sucesivos, Palencia fue adquiriendo mayor importancia dentro de la red ferroviaria del país. Por este motivo, el número de ferrocarriles que atravesaban y paraban en la ciudad creció enormemente, siendo necesario, incluso, aumentar las instalaciones con las que inicialmente contaba la estación de la capital. La ubicación de las vías permanecería constante.

En un principio, el ferrocarril se dispuso tangente y exterior al núcleo urbano. Pero la ausencia de planeamiento urbanístico, y el escaso control sobre lo que se edificaba, fueron las causas fundamentales de que hoy en día las vías del tren atraviesen la ciudad de Palencia. Generando problemas de barreras evidentes, que se acentúan, ya que discurre en paralelo al río Carrión, siendo este una barrera natural de la ciudad. En la figura 4 se puede apreciar la variación de la ciudad desde el año 1911 hasta la actualidad.

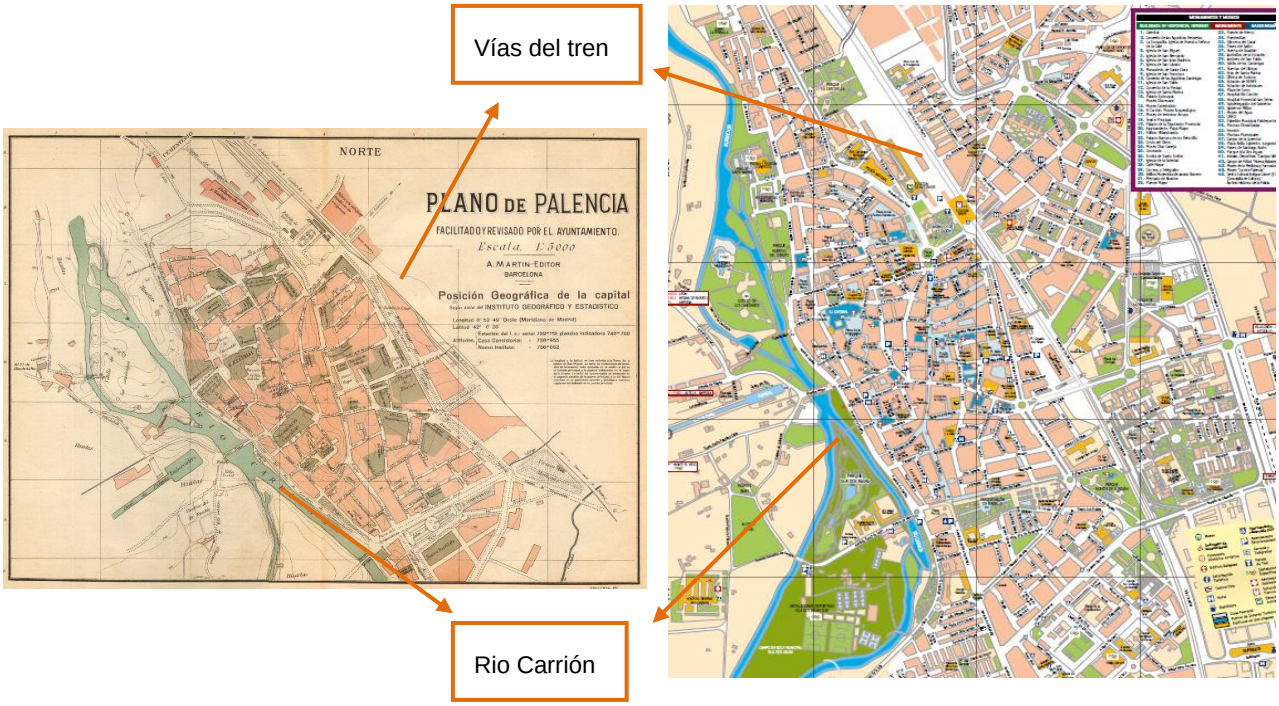


Figura 4.- Planos de Palencia en 1911 y en la actualidad. (Fuente: Oficina de turismo de Palencia, más elaboración propia).

El planeamiento urbanístico de esta ciudad se puede destacar por su falta de perspectiva. Primero, por eludir el compromiso derivado de tan importantes inversiones, y segundo, porque actúa como si no ocurriese nada. Estableciendo soluciones como la del soterramiento, el desvío, o incluso la propuesta de un viaducto a nivel, pero sin incidir demasiado en como la solución adoptada podría afectar en el futuro.

Se puede destacar la propuesta que el antiguo Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente (MOPTMA) realiza en 1994. En esta propuesta se planteaba la solución de viaducto a nivel como la solución más atractiva, ya que esta, era la de menor coste si se comparaba con el resto de alternativas planteadas. Los costes, en pesetas, de estas soluciones se pueden observar en la siguiente tabla:

SOLUCIÓN TÉCNICA	*COSTE ESTIMADO EN 1992*
VARIANTE DE TRAZADO	12.500 MILL PTS
TRAZA EN TRINCHERA	9.000 MILL PTS
SOTERRAMIENTO TÚNEL 2 KM	15.000 MILL PTS
SOTERRAMIENTO TÚNEL 0'5 KM	7.000 MILL PTS
VIADUCTO ELEVADO	7.000 MILL PTS
VIADUCTO A NIVEL	5.500 MILL PTS

Tabla 1.-Costes de las diferentes soluciones planteadas. (Fuente: Luis Santos y Ganges.)

El MOPTMA, resaltaba la solución del viaducto a nivel, como una propuesta valiosa y rupturista, respaldados por el bajo coste que suponía si se comparaba con la alternativa del soterramiento.

El viaducto a nivel, suponía una permeabilidad del 30%, ya que se elevaba un poco la cota de las vías y se realizaría un leve descenso de la cota urbana. De esta forma se generaba un paso de 350 metros de ancho, otro de 250 metros, y diversos pasos a desnivel. El resto de la traza se realizaba como una falsa trinchera con taludes arbolados.

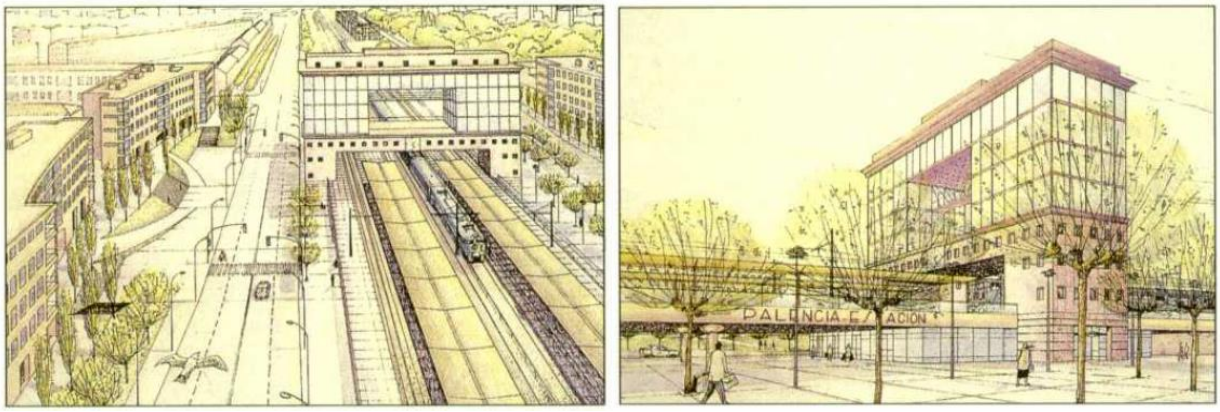


Figura 5.-Imagen de la solución de viaducto a nivel y su integración con la ciudad. (Fuente: José Luis Ordóñez (1994), "Operación urbanística para integrar el ferrocarril en la ciudad de Palencia").

Figura 6.- Imagen de la traza en trinchera. (Fuente: MOPTMA (1993),"Propuesta para la integración urbana de la estructura ferroviaria en Palencia").

Con esta propuesta guardada en los cajones, en mayo de 1997, el presidente de Renfe indicó la posibilidad de desviar el ferrocarril. Adoptar la opción de línea variante, justificando la construcción de la estación de Palencia en "centro de distribución de los trenes de velocidad alta del Noroeste de España". Idea contraria con la que años antes, dicha empresa, respaldaba su punto a favor de que las estaciones de tren se localizaran en puntos estratégicos de la ciudad. Para que de esta forma, el ferrocarril pudiera competir con los otros medios de transporte, aunque las vías generasen barreras dentro de la ciudad.

Con el paso de los años, la situación seguía estando presente dentro de la capital palentina. Transformando, mejorando y aumentando la comunicación transversal entre los dos núcleos de la ciudad de Palencia, dejando de lado cualquiera de las soluciones comentadas anteriormente. Tanto es así, que durante el año 2014, las vías y los andenes sufrieron una serie de mejoras para adaptarlas a la llegada de la alta velocidad, entrando en funcionamiento el 29 de septiembre de 2015. De esta forma se da continuidad a la línea L.A.V Madrid-Segovia-Valladolid y a la línea L.A.V Palencia y León y después Asturias.

3.2 PALENCIA Y EL SOTERRAMIENTO.

El soterramiento del tren y la ciudad de Palencia, es algo que ha ido unido a lo largo de estas dos últimas décadas. Los distintos gobiernos municipales han avanzado en varias direcciones, han tomado acuerdos, les han revocado, han dudado, han dado marcha atrás para volver a desandar lo andado meses antes. La causa de estos avances y retrocesos, deriva de la complejidad del problema, de la suma de la cuestión urbanística y de la reforma de la infraestructura ferroviaria. Por otro lado el elevado coste de la ejecución de la obra, ha desanimado a más de uno que a priori estaba a favor del soterramiento.

A pesar de que este proyecto lleva en mente más de 25 años, y que el concepto y la tipología del soterramiento han variado considerablemente, este siempre ha sido denegado.

Como ya se ha comentado anteriormente, Palencia es un punto de paso. Es un punto que sirve para unir la capital del país con el norte de España, pero no solo desde el punto de vista de transporte de pasajeros, sino que también desde el punto de vista de mercancías. Causa fundamental por la que el ferrocarril llegó a esta ciudad. Además, en Palencia se encuentra, a tan sólo a 12 km, la fábrica automovilística Fasa-Renault que transporta gran número de sus productos gracias al ferrocarril.

Los conflictos que el ferrocarril ha provocado en la ciudad, han sido numerosos, y desde hace mucho tiempo ha habido reivindicaciones vecinales y ciudadanas en relación con los temas más dispares, que afectan al ferrocarril.

Actualmente, la ciudad de Palencia se encuentra divida en dos a consecuencia de las vías del tren. Estas atraviesan la capital de punta a punta, reduciendo la accesibilidad a la zona centro de la ciudad.

Figura 7.- Panorámica de la ciudad y de las vías del tren.

Para que los ciudadanos puedan acceder desde un lado a otro de las vías, Palencia cuenta con varios pasadizos subterráneos (tanto para peatones, como para vehículos), y con varias pasarelas. En la Figura 8, se puede observar los puntos de ubicación por los cuales se puede pasar de una zona de la ciudad a la otra. En la Figura 9, se muestran estos puntos con fotografías del estado actual (fotografías incluidas en el Anexo1). Aunque el número de estos es elevado, hay ciertos tramos en los que la comunicación entre los dos lados de la ciudad se hace inexistente, teniendo que recorrer grandes distancias hasta llegar a una pasarela o un subterráneo. Esto supone un riesgo para los habitantes, ya que algunos deciden atravesar las vías pudiéndose llegar a provocar accidentes, como ya ha ocurrido en el pasado.

Figura 8: Plano de la ciudad y sus respectivos pasos a nivel.

Figura 9.- Plano de ubicación y detalle de los pasos subterráneos.

Para demostrar que la idea del soterramiento ha estado presente desde hace años, en 1999 se proyectó y se aprobó un paso subterráneo en el punto donde se encontraba el único paso a nivel de la ciudad, (actualmente cerrado). Este pasadizo, inicialmente podría ser utilizado tanto por vehículos como por peatones, ya que cada se pretendía la construcción de subterráneos individualizados. Pero, solo se llegó a ejecutar el de pasajeros, descartando el de vehículos. Alegando que este iba a suponer un gasto innecesario e incompatible con la construcción de la supuesta nueva infraestructura.

Figura 10.-Foto en planta de la zona de los 3 pasos.

Posteriormente, en el año 2008, se firmó el "PROTOCOLO DE COLABORACION entre el Ministerio de Fomento, el Ministerio de Medio Ambiente, la Junta de Castilla y León, el Ayuntamiento de Palencia y ADIF" para la integración del ferrocarril en Palencia. En este escrito, se recoge nuevamente la idea del soterramiento del tren, con el principal objetivo de que la ciudad de Palencia deje de estar divida en dos. Aunque el soterramiento reflejado en el documento no coincide con la traza completa del tren dentro de la ciudad, sí que establece que la zona urbana quede enterrada, dejando el tren al descubierto en la parte de la zona industrial de la ciudad.

Figura 11-Ubicación del soterramiento de las vías.

Como se puede observar en la Figura 11, la traza a ejecutar tendría una longitud de unos 2740 metros. En el Anexo 2 se encuentran recogidos los planos en planta y sección del soterramiento. La sección transversal albergaría 3 vías, 2 para ancho internacional y 1 para el ancho ibérico. También se contemplaba la construcción de una nueva estación. Este nuevo edificio se proyectaría semienterrado en un extremo de la trinchera de vías del recorrido soterrado, coincidiendo parcialmente con su situación actual de la estación. El edificio estaría formado por un gran vestíbulo distribuidor desde el que se accederá al resto de las dependencias.

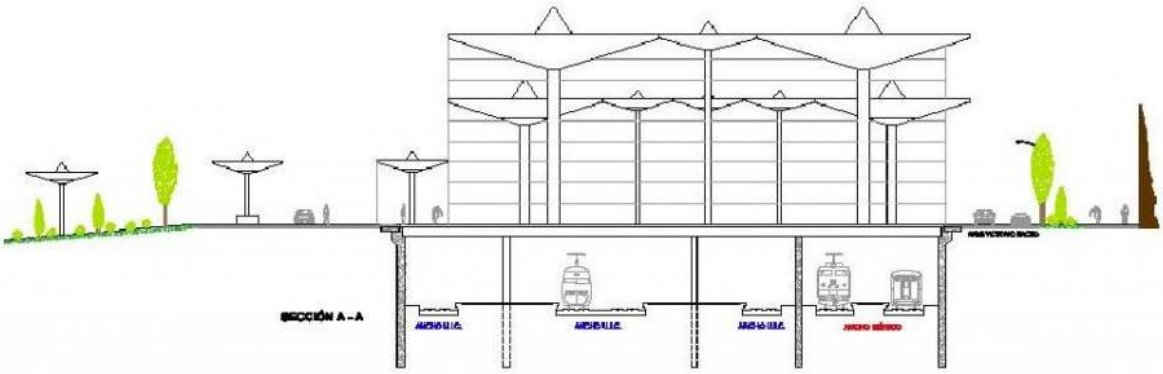


Figura 12. Sección transversal del posible soterramiento de la ciudad.

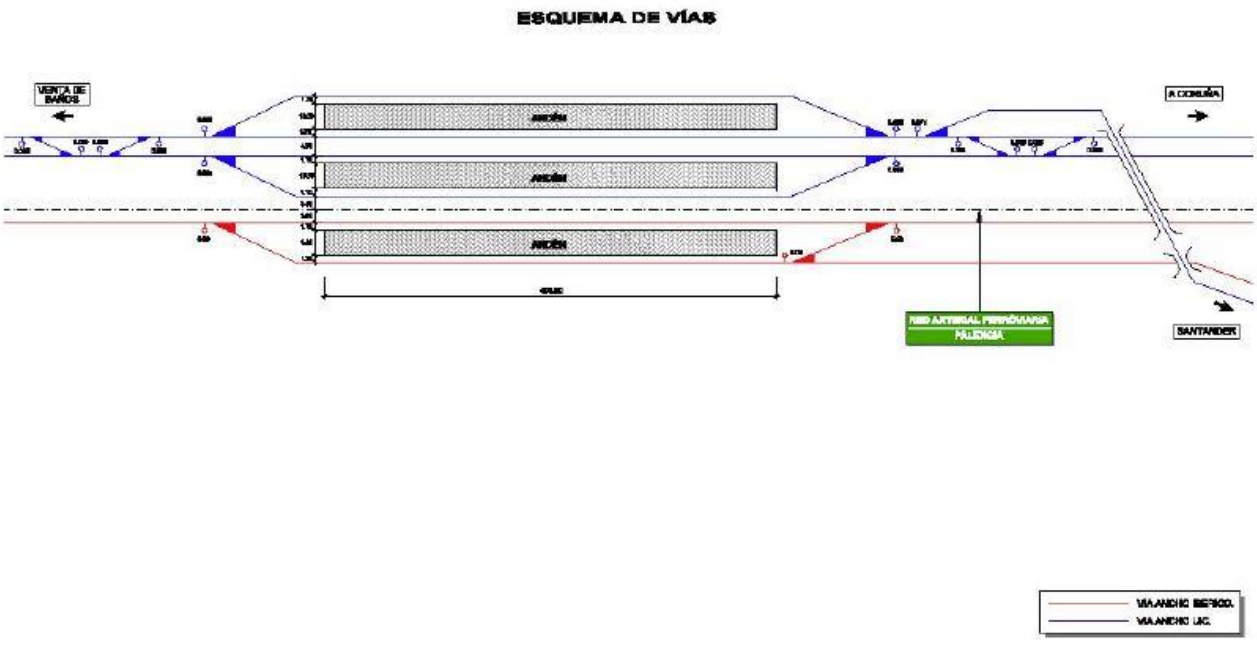


Figura 13. Esquema de vías en la estación.

Aprovechando el espacio liberado por el soterramiento del tren, en el Plan General de Ordenación Urbana de 2008, se propone diversas actuaciones para mejorar la movilidad de la ciudad. Estas actuaciones eran las de construir un nuevo viario longitudinal sobre el terreno liberado, de manera que pudiera constituirse en un eje distribuidor interior que aliviara itinerarios tradicionales. Este trazado sería compatible con usos verdes y recorridos peatonales que discurrirían por el mismo eje ferroviario.

El nuevo trazado arrancaba desde el punto donde se iniciaría el soterramiento. Desde ese punto, se discurriría por la Avenida de Victorio Macho hasta la Avenida Santander, la correspondiente a la Sección 1, con una sección de cuatro carriles sin mediana. A continuación, se dispondría la Sección 2, que iría desde la Avenida de Santander hasta la Avenida de Cardenal Cisneros. Disponiendo un esquema donde se mantendría la sección de cuatro carriles de calzada con alineaciones variables que se adaptaba a los límites de la edificación y al ámbito de los nuevos desarrollos residenciales. En el último tramo del soterramiento, se disponía de una nueva distribución, Sección 3, que aprovechaba el soterramiento para posteriormente discurrir por la margen oeste del ferrocarril hasta conectar con la Avenida de San Telmo y la Carretera de Burgos.

La ubicación y el esquema de las distintas secciones son las que se presentan en las siguientes figuras.

Figura 14.-Ubicación de las distintas secciones viarias.

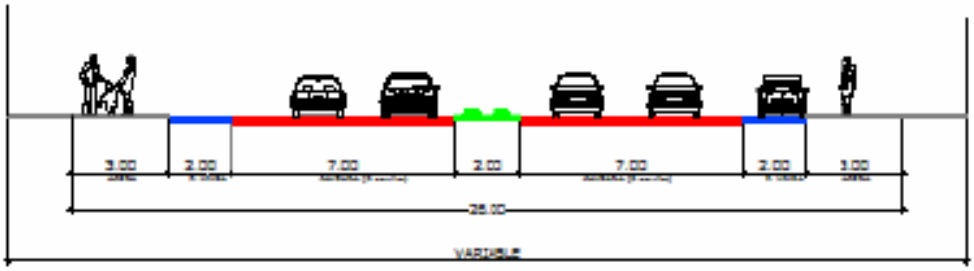


Figura 15.- Sección 1 soterramiento. (Fuente: PGOU-2008).

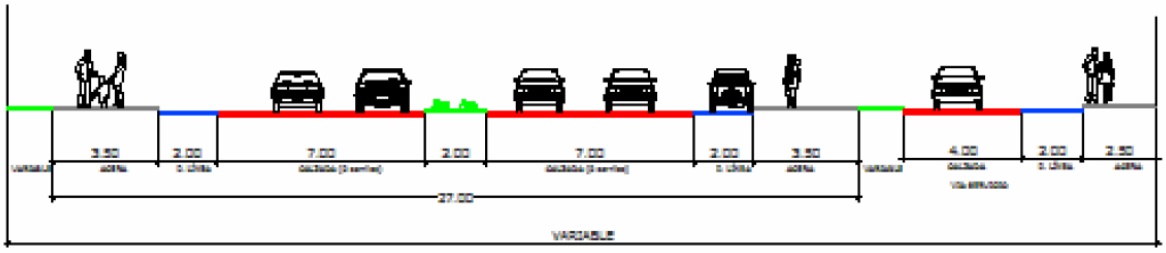


Figura 16.- Sección 2 soterramiento. (Fuente: PGOU-2008).

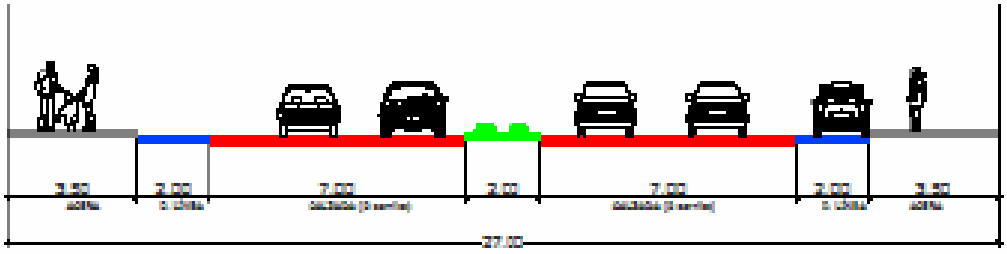


Figura 17.- Sección 3 soterramiento. (Fuente: PGOU-2008).

Uno de los problemas que presenta este proyecto, son las avenidas extraordinarias del arroyo de Villalobón (ubicado en el noreste de la ciudad). Debido a que en épocas de grandes lluvias, la crecida de este arroyo causa grandes inundaciones en la ciudad de Palencia, como ya ha ocurrido en el pasado.

En el Anexo 1, del Protocolo citado anteriormente, se recoge una tabla en la que se muestran los costes en función del tipo de actuación, y de qué Administración se va a hacer cargo de los gastos.

	TOTAL (MILLONES DE €)	M.FOMENTO (MILLONES DE €)	JUNTA CYL (MILLONES DE €)	AYUNTAMIENTO (MILLONES DE €)	BENEFICIO NETO (MILLONES DE €)
ACTUACIÓN PARA LA INTEGRACIÓN DEL FFCC EN PALENCIA	292,6	119,7	15	15	142,9
OBRAS DE REGULACIÓN DEL ARROYO DE VILLALOBÓN	54	54			
TOTAL PRESUPUESTO	346,6	173,7	15	15	142,9

Tabla 2-Resumen de los costes. (Fuente: Protocolo de colaboración entre M. de Fomento, M. Medio Ambiente, la Junta de CyL, el Ayuntamiento de Palencia y ADIF para la integración del ferrocarril en la ciudad de Palencia).

El presupuesto asociado al proyecto consideraba un beneficio neto de 142,9 millones de €. Ganancias vinculadas a las ventas del suelo sin contar la urbanización o los costes de transformación. Se consideraba que a través del soterramiento del tren, 290.749 m² pasarían a disposición del Ministerio de Fomento. De esta superficie se fijaba que el 80% este destinado a uso residencial, y dentro de este, como mínimo un 30% a viviendas de protección oficial.

3.3 Problemas Actuales a Los Que Se Enfrenta La Ciudad De Palencia.

Como se ha comentado a lo largo de este trabajo, para poder pasar de un lado a otro de las vías en la ciudad de Palencia, se debe hacer por los pasos subterráneos o pasarelas que se encuentra a la disposición de los usuarios. Pero en determinadas épocas del año estos puntos se convierten en puntos críticos. A continuación se estudiará cada uno de ellos.

- Paso inferior de la Avenida Santander. El problema se hace presente en los días de grandes lluvias, en los que se produce la inundación de este quedando inactivo para los vehículos. Pero no solo para los vehículos particulares, sino también para los autobuses de la red de trasporte público que dispone la ciudad, siendo esos días un transporte inservible para los usuarios debido a los largos recorridos alternativos que les toca realizar.

- Paso inferior de peatones de la Avenida Santander. A pesar de las continuas remodelaciones, los usuarios no presentan un comportamiento cívico dentro de este, destruyendo las instalaciones del pasadizo, obligando al ayuntamiento a realizar constantes inversiones en él para su mantenimiento.

- Pasarela Villalobón. Esta pasarela es mayoritariamente usada por vehículos. Su uso queda reducido en los días en los que se producen nevadas en la ciudad (una vez al año). Aunque sea poco el tiempo en el que esta pasarela queda inhabilitada, hay que destacar su ubicación. Las zonas que comunica. Ya que une el centro de la ciudad con una de las salidas de Palencia hacia la autovía A-65 con su posterior unión con la A-62 (uniendo Palencia con las provincias limítrofes de Burgos y Valladolid), y con la corretera provincial P-405, que une Palencia con Astudillo. Destacar los atascos que se producen en las horas punta de salida del trabajo.

Dejando de lado las pasarelas de la ciudad, hay que destacar los grandes recorridos que existen sin unión, aumentando de esta forma el número de usuarios que utilizaran alguna de las pasarelas citadas anteriormente, provocando cuellos de botellas en la circulación, con el consiguiente aumento del tiempo de recorrido.

Destacar que por las vías atraviesas mercancías peligrosas, algo que supone un punto negativo al soterramiento del tren. La cantidad de estas asciende a 400.000 tn/año. Para evitar que este tipo de transporte discurriese por la zona soterrada se otorgaba a Venta de Baños la función de centro intermodal, para que concentre las actividades logísticas del área industrial Dueñas-Palencia, consolidando de esta forma el crecimiento hacia Valladolid. Pero esta medida solo contempla la solución fácil, sin explicar cuál sería la solución para transportar la mercancía hacia el norte de la península.

Otro de los problemas que soportan los ciudadanos, es el ruido. Este ruido generado por el paso del ferrocarril, tiene una repercusión económica, esta repercusión suele denominarse coste económico del ruido que se suele traducir en la devaluación de las viviendas, comercios, etc… de la zona.

El estudio llevado a cabo por Martín et al.(2004) por la Universidad Politécnica de Valladolid :” Impacto acústico del soterramiento del tren en la ciudad de Valladolid (España)”, ha servido para extrapolar los valores obtenidos con puntos ubicados en la ciudad de Palencia con idénticas características.

El objetivo de este estudio es analizar el estado acústico en las zonas próximas al tren, para posteriormente hacer una supuesta comparación de la situación acústica que habría si se llevara a cabo el soterramiento de las vías en la ciudad.

Si se quiere estudiar cuales serían los niveles acústicos de la ciudad con el tren soterrado, habría que esperar varios años hasta que la obra se finalizará. Por ello los autores del proyecto utilizaron el software de predicción acústica MITHRA 5.0. Factores como el diseño de los edificios, la topografía local, las barreras, los tipos del suelo o los factores meteorológicos son tenidos en cuenta para extrapolar los puntos de estudio.

- PUNTO 1

  Este punto se encuentra separado por una calle con una anchura de 25 metros y una hilera de árboles en la acera. La calle es una vía de 2 sentidos, con un carril para cada sentido. El tráfico es constante durante toda la semana incrementándose en las horas punta y disminuyéndose en los fines de semana. La circulación de los trenes es constante durante toda la semana y prácticamente durante las 24 horas del día. Existen diferencias entre los niveles de ruido durante el día y la noche, incrementándose alrededor de las 7:00 AM, cuando comienza la mayoría de las actividades. Las mediciones obtenidas, haciendo diferencia entre el día, la tarde y la noche, son las siguientes:

PUNTO 1		
Ld[dbA]	Le[dbA]	Ln[dbA]
64,4	64,4	61,3

- PUNTO 2:

  Este punto se realizó en la fachada de un colegio, donde la separación entre las vías del tren y el edificio es muy escaso. En Palencia existe un colegio con las mismas situaciones comentadas en la línea superior. A todo esto hay que añadir la existencia de un paso a nivel, donde los trenes al acercarse, activan su bocina. Los niveles de ruido se verán modificados con las horas de ocio de los alumnos del colegio. Las mediciones obtenidas serán:

PUNTO 2		
Ld[dbA]	Le[dbA]	Ln[dbA]
60,5	59,9	58

- PUNTO 3:

  El equipo para estudiar este punto se ubica en la 6 planta del edificio en el que tan solo es separado de las vías por unos 10 metros. A lo largo del recorrido del tren por la ciudad de Palencia nos podemos encontrar con numerosos edificios que presentan esta similitud. Para ello tomamos las siguientes medidas, considerando la misma separación diaria:

PUNTO 3		
Ld[dbA]	Le[dbA]	Ln[dbA]
60,3	61,2	58,3

Todos estos valores recogidos son previos a la actuación del soterramiento y las posibles variaciones urbanísticas que se deseen plantear en la ciudad. Estas modificaciones, hacen que los niveles de ruido se modifiquen. En esta simulación se seguirá considerando los puntos expuesto anteriormente, y se analizará la variación del ruido, a lo largo de las 24 horas, pudiendo generar 3 grandes bloques horarios, como serán el diurno, el de la tarde, y el nocturno.

- PUNTO 1:

PUNTO 1		
Ld[dbA]	Le[dbA]	Ln[dbA]
65,1	64,7	58,6

- PUNTO 2:

PUNTO 2		
Ld[dbA]	Le[dbA]	Ln[dbA]
57,2	56,4	48,9

- PUNTO 3:

PUNTO 3		
Ld[dbA]	Le[dbA]	Ln[dbA]
57,2	57,3	49,7

Figura 18. Ubicación de los puntos simulados del estudio acústico.

4 APLICACIÓN Y ANÁLISIS DEL CASO.

En este punto, se pretende explicar el análisis económico realizado, siguiendo los pasos explicados en el apartado de metodología. Se procurara que la explicación sea lo más clara y concisa posible. Para ello, por un lado se detallará como se han recopilado los datos y parámetros necesarios, y por otro lado se mostrarán los resultados con ayuda de tablas y gráficos, consiguiendo de esta forma obtener los objetivos fijados de demostrar la rentabilidad del soterramiento del tren en la ciudad de Palencia.

4.1 DATOS DE PARTIDA. PARÁMETROS BÁSICOS.

Se pretende recopilar todos los datos necesarios para proceder a realizar el análisis. Para ello se necesita consultar varios documentos de diferentes instituciones hasta conseguir los parámetros requeridos.

Es importante definir estas referencias, ya que el distinto valor que puede tomar cada uno de ellos afectará al resultado final de forma diferente. Los diferentes parámetros básicos utilizados en el estudio son los siguientes:

4.1.1 Horizonte temporal

Para determinar este parámetro se ha consultado la *"Guía de Análisis de Coste-Beneficio para la Investigación de Proyectos, 2014"* de la Comisión Europea. Esta fija unos valores basados en la práctica, y los diferencia por sectores. Se puede observar en la siguiente tabla.

Sector	Reference period (years)
Railways	30
Roads	25-30
Ports and airports	25
Urban transport	25-30
Water supply/sanitation	30
Waste management	25-30
Energy	15-25
Broadband	15-20
Research and Innovation	15-25
Business infrastructure	10-15
Other sectors	10-15

Tabla 3-Periodo de estudio en función del tipo de proyecto. (Fuente: Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projests, 2014)

Como se ha comentado anteriormente, en esta tabla se puede apreciar los diferentes valores de horizonte temporal que se pueden escoger dependiendo del tipo de proyecto que se asigne al estudio. En este caso en particular, al tratarse de un soterramiento del tren, hay que escoger el periodo de referencia vinculado a este sector. Por ello se observa en la tabla que el horizonte temporal a utilizar es 30 años.

4.1.2 Tasa de descuento.

En la determinación de este valor se ha vuelto a recurrir a la guía de la Comisión Europea.

En ella se recoge los valores que puede tomar este parámetro (cumpliendo que el periodo de ejecución se encuentre entre los años 2014-2020). Este valor puede ser o 3% o 5%, aunque también hay excepciones. Para que la tasa de descuento tome el valor de 5%, el proyecto de estudio tiene que tener unas grandes dimensiones y que se encuentre dentro de los países de la cohesión. Por otro lado, para que la tasa de descuento tome el valor de 3%, será necesario que el proyecto se encuentre en el resto de los países pertenecientes a los Estados miembros.

Como caso excepcional, el parámetro no toma valores ni de 5%, ni de 3%. Para que se de esta situación tiene que cumplir una serie de requisitos basados, sobre todo, en experiencia y en el apoyo de proyectos similares.

Ya que España se encuentra dentro de los Estados miembros, se define que el valor de la Tasa de descuento es igual a un 3%.

4.1.3 Tasa de inflación

Como se ha comentado anteriormente, con este parámetro se pretende estudiar la elevación de los precios de un determinado servicio en el mercado en un periodo de tiempo, generalmente un año.

Para este estudio, se recurre al Instituto Nacional de Estadística, donde se calcula las variaciones del Índice de Precios de Consumo según el sistema IPC base 2011. El periodo de tiempo elegido va desde Enero de 2014, hasta Enero de 2015, y de Enero de 2015, hasta Enero de 2016, ya que los índices son distintos en cada franja temporal.

Variación del Indice General Nacional según el sistema IPC base 2011 desde **Enero de 2014** hasta **Enero de 2015**

Indice	Porcentaje(%)
Nacional	-1,3

Figura 19-Cálculo del IPC, Enero 2014-2015. (Fuente: Instituto Nacional de Estadística).

Variación del Indice General Nacional según el sistema IPC base 2011 desde **Enero de 2015** hasta **Enero de 2016**

Indice	Porcentaje(%)
Nacional	-0,3

Figura 20- Cálculo del IPC, Enero 2015-2016. (Fuente: Instituto Nacional de Estadística).

Por lo que finalmente el parámetro de la tasa de inflación tendrá un valor de -1,3% o -0,3%, dependiendo del periodo de tiempo elegido.

Se observa que en este estudio el valor de la tasa de inflación es negativa, esto indica la disminución del valor real de la moneda a través del tiempo, el desaliento del ahorro y de la inversión debido a la incertidumbre sobre el valor futuro del dinero, y la escasez de bienes.

4.1.4 Año de referencia.

Es importante fijar este valor, ya que es a partir del cual empieza a afectar la tasa de descuento. En este proyecto el año de referencia es el 2019, justo cuando el proyecto estará terminado y se encontrará a pleno rendimiento para el disfrute de los usuarios.

4.2 DATOS DE PARTIDA .PARÁMETROS INTRÍNSECOS A LOS IMPACTOS.

Son parámetros que derivan de la realización del proyecto. Tanto a corto plazo, es decir, durante su ejecución, como a largo plazo, una vez que los usuarios disfrutan de sus servicios. Siguiendo los consejos recogidos en el apartado de metodología se elabora la siguiente tabla en la que se exponen los beneficios y los costes que se deriva de la realización del proyecto.

BENEFICIOS	COSTES
Accesibilidad	Soterramiento
Ruido	Encauzamiento
Viviendas	Estudios Varios
	Explotación
	Mantenimiento

Tabla 4. Resumen de los Beneficios y los Costes generados por el proyecto.

A continuación se va a explicar los procedimientos seguidos para obtener cada uno de los valores:

4.2.1 Accesibilidad.

Al tener una infraestructura que divide una ciudad en dos, el soterramiento de la misma mejorará considerablemente la accesibilidad a cualquier punto de la ciudad. Se conoce, por lo descrito anteriormente, la presencia de un paso a nivel. Este tipo de conexiones son las que más dificultan la unión entre dos puntos. Para calcular los beneficios de la accesibilidad se ha tenido en cuenta los siguientes datos:

PASO A NIVEL		
Barrera bajada (min)	*nº Trenes/dia*	*tiempo bajado/día (min)*
2	45	90

Tabla 5. Valores relacionados con el paso a nivel.

De esta tabla, se puede destacar el número de trenes que atraviesan la ciudad, resaltando que durante este proceso el paso a nivel queda cerrado. Se ha supuesto que el tiempo en el que el paso a nivel no puede dar servicio son 2 minutos por cada tren que pase por este punto, por lo que:

$$45{,}25\,\frac{trenes}{día}\cdot 2\,\frac{min}{tren}=90\,\frac{min}{día}$$

Se demuestra que el tiempo al cabo del día en el que el paso a nivel no puede dar servicio a los usuarios es de 90 min.

Al suponer el soterramiento, implica un ahorro en los tiempos para los pasajeros. Como se sabe, el tiempo tiene un precio, y para la estimación de dicho valor, se propone la utilización de *"Nota de Servicio 3/2014 sobre prescripciones y recomendaciones técnicas relativas a los contenidos mínimos a incluir en los estudios de rentabilidad de los estudios informativos o anteproyectos de la subdirección general de estudios y proyectos, Ministerio de Fomento",* que a su vez este se apoya en el proyecto europeo HEATCO, en el cual se valora el ahorro en función del modo de transporte. A continuación, se exponen las tablas a partir de las cuales se obtendrán los valores necesarios para el cálculo.

	Avión		Autobús		Automóvil/Tren	
	España	UE 25	España	UE 25	España	UE 25
€$_{2002}$ por hora	30,77	32,80	17,93	19,11	22,34	23,82
€$_{2002}$ por hora ajustado por PPA	35,74	32,80	20,83	19,11	25,95	23,82

Tabla 6. Valor de los ahorros de tiempo, en tiempo de trabajos para pasajeros (Fuente: Ministerio de Fomento).

	Commuter corta distancia						*Commuter* larga distancia					
	Avión		Autobús		Autom./Tren		Avión		Autobús		Autom./Tren	
	España	UE 25	España	UE 25	España	UE 25	España	UE 25	España	UE 25	España	UE 25
€2002 por hora	12,72	12,65	6,12	6,10	8,52	8,48	16,33	16,25	7,87	7,83	10,94	10,89
€2002 por hora ajustado por PPA	14,77	12,65	7,11	6,10	9,90	8,48	18,96	16,25	9,14	7,83	12,71	10,89
	Otro corta distancia						Otro larga distancia					
	Avión		Autobús		Autom./Tren		Avión		Autobús		Autom./Tren	
	España	UE 25	España	UE 25	España	UE 25	España	UE 25	España	UE 25	España	UE 25
€2002 por hora	10,66	10,61	5,13	5,11	7,15	7,11	13,69	13,62	6,59	6,56	9,18	9,13
€2002 por hora ajustado por PPA	12,38	10,61	5,96	5,11	8,30	7,11	15,90	13,62	7,66	6,56	10,66	9,13

Tabla 7. Valor de los ahorros de tiempo, en tiempo de ocio para pasajeros (Fuente: Ministerio de Fomento).

El valor que se obtiene de cada una de las tablas es un precio de 2002, por lo que se tiene que actualizar dicho valor a fecha actual. Para ello es necesario recurrir al Instituto Nacional de Estadística para obtener el valor del IPC.

Variación del Indice General Nacional según el sistema IPC base 2011 desde **Junio de 2002** hasta **Junio de 2016**

Indice	Porcentaje(%)
Nacional	31,3

Figura 21. Cálculo del IPC, Junio 2002-2016. (Fuente: Instituto Nacional de Estadística).

Una vez que se establece el valor del IPC, es necesario cuantificar el número de vehículos que son afectados (haciendo una suposición del número medio de ocupantes) cuando la barrera se encuentra bajada. También del número medio de peatones. Se ha tenido en cuenta esta variable, aunque en ese punto existe un subterráneo, pero el uso de este, implica a los peatones tiempos más elevados que esperar el ciclo completo de la barrera bajada.

Cuando se haya determinado el número de usuarios que se ven afectados, hay que diferenciar cual es el fin por el que deciden utilizar este paso a nivel. Siguiendo las tablas anteriormente expuestas, se diferenciará entre el número de usuarios, tanto pasajeros de vehículos como peatones, que realiza su viaje por motivos de trabajo o estudio, y entre los que su finalidad sea el ocio. Y dentro de estos últimos, diferenciarlos entre los que van a realizar viajes de corta distancia o de larga distancia. Aclarar que en esta última diferenciación se hará una media entre los pasajeros que realizan este trayecto varias veces al día (commuter), y entre los que solo lo realizan una única vez.

$$Corta\ distancia = \frac{9{,}90 + 8{,}30}{2} = 9{,}10\ €/h$$

$$Larga\ distancia = \frac{12{,}71 + 10{,}66}{2} = 11{,}69\ €/h$$

Llevando a cabo las directrices consideradas anteriormente, el valor del tiempo actualizado quedará de la siguiente forma:

TRABAJO		*Valor del tiempo (€2002) (€/hora)*	25,95
		Valor del tiempo actualizado (€/hora)	34,07
OCIO	***CORTA DISTANCIA***	*Valor del tiempo (€2002) (€/hora)*	9,10
		Valor del tiempo actualizado (€/hora)	11,95
	LARGA DISTANCIA	*Valor del tiempo (€2002) (€/hora)*	11,69
		Valor del tiempo actualizado (€/hora)	15,35

Tabla 8.- Tabla resumen de los valores de accesibilidad.

Se ha considerado recomendable recoger en una lista los distintos factores de las que depende esta variable.

-Tiempo máximo que esta bajado la barrera (min)
-nº Trenes/día
-nº Vehículos afectados por barrera bajada
-nº de pasajeros/vehículo
-nº peatones afectados por barrera bajada
-% viajes destinados a trabajo/estudio
-% viajes destinados a ocio-corta distancia
-% viajes destinados a ocio-larga distancia

Para realizar una primera aproximación, se ha decidido considerar que el número de vehículos que son afectados cada vez que la barrera se encuentra bajada sea de 16, 8 a cada lado de la vía. El número medio de ocupantes de los vehículos se supone de 2, ya que al encontrarse un colegio a uno de los lados de la barrera supondrá un aumento de los ocupantes de los coches en las horas de entrada y salida de los menores, mientras en el resto del día muchos de los vehículos simplemente está ocupado por el conductor.

En cuanto peatones se refiere, se supone que el número de afectados en cada ciclo de bajada de la barrera asciende a 4.

Los porcentajes de distribución de los viajes son variables, pero se ha considerado razonable que el número de viajes destinados a corta distancia, es decir movimientos de traslado dentro de la misma ciudad, sea mayor que el de viajes de larga distancia. Por este motivo el reparto será de 65% y 35% respectivamente.

Por otro lado los viajes por motivo de estudio o de trabajo, frente a los dedicados a ocio, están muy igualados, por esta razón se ha considerado que el de trabajo/ estudio sea de 55 %. Porcentaje justificado por la ubicación de un colegio en las inmediaciones, como se ha comentado en ocasiones anteriores. Los viajes destinados a ocio serán el 45%. Recogidos en una tabla quedarán:

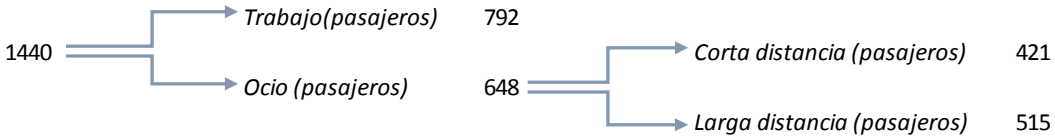
% viajes destinados a corta distancia	65%
% viajes destinados a larga distancia	35%
% viajes destinados a trabajo/estudio	55%
% viajes destinados a ocio	45%

Tabla 9.- Distribución de los porcentajes.

Con estos porcentajes, se puede establecer un reparto de los usuarios afectados, quedando de la siguiente forma.

nº Vehiculos afectados por barrera bajada	16
nº Vehiculos/dia afectados	720
nº de pasajeros/vehículo	2
nº de pasajeros/dia afectados	1440

Tabla 10.- Cuantificación de los vehículos afectados



Entonces el valor de la accesibilidad para los usuarios que utilizan el paso a nivel en vehículo, quedará:

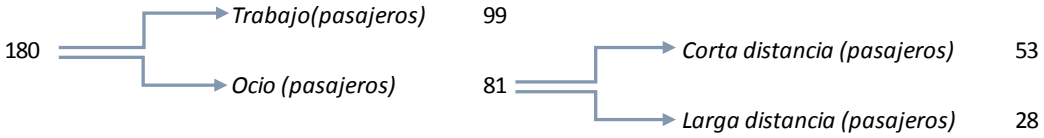
VEHICULOS			
	TRABAJO	*OCIO (corta distancia)*	*OCIO (larga distancia)*
Pasajeros afectados	792	421	515
Cuantificación (€/día)	899,51	167,67	6020,35

Tabla 11.- Cuantificación (€/día) de vehículos afectados.

Los pasos a seguir para el cálculo de los peatones afectados es el mismo que se ha expuesto anteriormente, así que:

nº peatones afectados por barrera bajada	4
nº de peatones/dia afectados	180

Tabla 12.- Cuantificación de los peatones afectados.



Entonces el valor de la accesibilidad para los peatones, quedará:

PEATONES			
	TRABAJO	*OCIO (corta distancia)*	*OCIO (larga distancia)*
Pasajeros afectados	99	53	28
Cuantificación (€/día)	112,44	21,11	14,33

Tabla 13.- Cuantificación (€/día) de los peatones afectados.

4.2.2 Ruido.

El ruido es un factor importante a tener en cuenta, ya que este va a ser reducido, debido a que se actúa sobre uno de los focos de emisión. Es sabido que el ferrocarril genera un sonido molesto, y por eso se decide estudiar cómo puede afectar este sobre las inmediaciones del medio de transporte.

Se considera conveniente, como se ha comentado anteriormente, tomar como referencia el estudio llevado a cabo por Martín et al (2004).por la Universidad Politécnica de Valladolid. Se tomaran los valores recogidos en este estudio y se extrapolaran con puntos con idénticas características, pero ubicados en la ciudad de Palencia. Por ello se ubican y se definen los siguientes puntos:

Figura 22. Ubicación de los puntos simulados del estudio acústico.

- PUNTO 1:

  Este punto se encuentra separado por una calle con una anchura de 25 metros y una hilera de árboles en la acera. La calle es una vía de 2 sentidos, con un carril para cada sentido. El tráfico es constante durante toda la semana incrementándose en las horas punta y disminuyéndose en los fines de semana. La circulación de los trenes es constante durante toda la semana y prácticamente durante las 24 horas del día. Existen diferencias entre los niveles de ruido durante el día y la noche, incrementándose alrededor de las 7:00 AM, cuando comienza la mayoría de las actividades. Las mediciones obtenidas, haciendo diferencia entre el día, la tarde y la noche, son las siguientes:

PUNTO 1		
Día	Tarde	Noche
64,4	64,4	61,3

Tabla 14. Valores en dB en el punto 1.

- PUNTO 2:

  Este punto se realizó en la fachada de un colegio donde la separación entre las vías del tren y el edificio es muy escaso. En Palencia existe un colegio con las mismas situaciones comentadas en la línea superior. A todo esto hay que añadir la existencia de un paso a nivel, donde los trenes al acercarse, activan su bocina. Los niveles de ruido se verán modificados con las horas de ocio de los alumnos del colegio. Las mediciones obtenidas serán:

PUNTO 2		
Día	Tarde	Noche
60,5	59,9	58

Tabla 15. Valores en dB en el punto 2.

- PUNTO 3:

  El equipo para estudiar este punto se ubica en la 6 planta del edificio en el que tan solo es separado de las vías por unos 10 metros. A lo lardo del recorrido del tren por la ciudad de Palencia nos podemos encontrar con numerosos edificios que presentan esta similitud. Para ello tomamos las siguientes medidas, considerando la misma separación diaria:

PUNTO 3		
Día	Tarde	Noche
60,3	61,2	58,3

Tabla 16. Valores en dB en el punto 2.

Todos estos valores recogidos son previos a la actuación del soterramiento y las posibles variaciones urbanísticas que se deseen plantear en la ciudad. Estas modificaciones, hacen que los niveles de ruido se modifiquen. En esta simulación se seguirá considerando los puntos expuesto anteriormente, y se analizará la variación del ruido, a lo largo de las 24 horas, pudiendo generar 3 grandes bloques horarios, como serán el diurno, el de la tarde, y el nocturno.

PUNTO 1		
Día	Tarde	Noche
65,1	64,7	58,6
PUNTO 2		
Día	Tarde	Noche
57,2	56,4	48,9
PUNTO 3		
Día	Tarde	Noche
57,2	57,3	49,7

Tabla 17. Valores de dBs después del soterramiento en el punto 1, punto 2 y punto 3.

Una vez que se tiene recogido los valores del ruido, se necesita valorar económicamente como afecta la reducción de este parámetro sobre las viviendas colindantes. Para ello se ha seguido los pasos de la *"Guía para el análisis económico para la contaminación acústica",* donde se ha desarrollado herramientas que convierten los cambios en la exposición al ruido a valores monetarios estimados. Al ser una guía británica, los datos de partida vienen dados en libras, por eso se realizará una estimación para poder trabajar con euros. A continuación se muestra el proceso para el caso de estudio.

TABLA					
Variación de dB		**Diario(£)**	**Diario(€)**	**Nocturno(£)**	**Nocturno (€)**
48	49	4,4	3,7	17,99	15,3
49	50	4,8	4,1	19,46	16,5
50	51	12,46	10,6	20,92	17,8
51	52	13,13	11,2	22,39	19
52	53	13,91	11,8	23,86	20,3
53	54	14,81	12,6	25,32	21,5
54	55	15,84	13,5	26,79	22,8
55	56	16,98	14,4	28,25	24
56	57	18,24	15,5	29,72	25,3
57	58	19,62	16,7	31,19	26,5
58	59	22,68	19,3	32,65	27,8
59	60	25,82	21,9	34,12	29
60	61	28,85	24,5	35,59	30,3
61	62	32,03	27,2	37,05	31,5
62	63	35,37	30,1	38,52	32,7
63	64	38,87	33	39,99	34
64	65	42,5	36,1	41,45	35,2

Tabla 18. Valores monetarios por cambio de dB y por hogar.

Se supone el siguiente cambio en el valor de las diferentes monedas, para poder calcular la variación de los dB en los hogares.

Cambio de valor (£/€)	0,85	1

A continuación es necesario calcular la variación de decibelios que se da en cada uno de los puntos asignados al principio y según la franja horaria del día.

PUNTO 1		
Antes	Despues	Noche
64,4	65,1	2,7
PUNTO 2		
Antes	Despues	Noche
60,5	57,2	9,1
PUNTO 3		
Antes	Despues	Noche
61,2	57,3	8,6

Tabla 19. Variación de los decibelios en cada uno de los puntos.

Al realizar esta variación, se puede observar que los valores en el estudio pueden ser contradictorios, ya que se obtienen valores de ruido mayores (o reducciones negativas) después de la implantación del soterramiento. Esto es debido, o una de las explicaciones que se puede dar al respecto, es que este punto es una vía de acceso

desde el exterior de Palencia hacia el centro de la ciudad, por lo que el movimiento de vehículos se incrementará en las horas diurnas.

El siguiente paso es el de calcular la repercusión económica. Se calculará en los tres puntos y en cualquiera de las franjas horarias, salvo en aquellas que tengan una variación de decibelios negativa. Para ello la metodología a seguir será la de diferenciar si nos encontramos en horario diurno o nocturno, para aplicar el correspondiente valor monetario, y luego remarcar el rango de decibelios en los que se encuentra la variación. Con el siguiente ejemplo la explicación quedará mucho más clara:

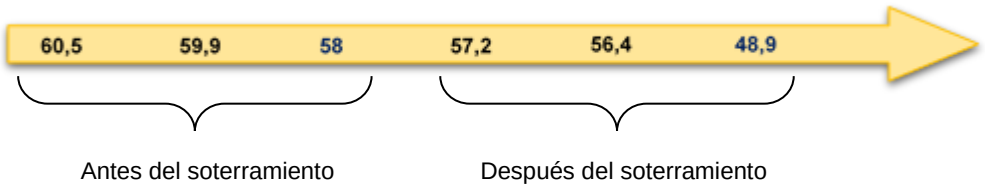


Figura 23.- Representación gráfica de la disminución de los dBs en el Punto 2.

En esta flecha lo que se ha recogido ha sido los niveles de decibelios registrados en el punto 2, y se han ordenado de mayor a menor sin importar la franja horaria a la que van vinculado cada uno de ellos, pero diferenciando claramente el antes y el después del soterramiento. En negro se muestran los niveles de decibelios registrados durante la franja horaria de la mañana y de la tarde, mientras que los resaltados en azul, correspondes a los niveles de ruido nocturno. Una vez hecha esta distribución, se ha decidido que la manera más idónea para reflejar la vinculación del ruido con el coste por vivienda, es la de escoger los valores máximos tanto antes como después del soterramiento que se produce durante la mañana y la tarde. Es decir, se está escogiendo el valor máximo que una vivienda tiene que soportar antes del soterramiento, y el valor máximo supuesto que tendrá que aguantar esa misma vivienda una vez que se realice la actuación.

Los valores nocturnos se consideran por separado ya que aquí hay que tener en cuenta el trastorno del sueño que puede provocar el ruido del ferrocarril, tal y como indica la *“Guía para el análisis económico para la contaminación acústica”.*

Teniendo en cuenta la diferenciación que nos obliga a realizar esta guía, primero se estudiará los valores que no afecten al trastorno del sueño. Entonces la variación en el Punto 2 irá de 60,5 dB (valor máximo antes del soterramiento), hasta 57,2 dB (valor máximo después del soterramiento).

TABLA					
Variación de dB		Exclusión del trastorno del sueño (£)	Exclusión del trastorno del sueño (€)	Incluyendo trastorno del sueño (£)	Incluyendo trastorno del sueño (€)
57	58	19,62	16,7	31,19	26,5
58	59	22,68	19,3	32,65	27,8
59	60	25,82	21,9	34,12	29
60	61	28,85	24,5	35,59	30,3

Tabla 20. Valores monetarios por cambio de dB y por hogar (reducida)

$$(60{,}5 - 60) \cdot 24{,}5 + 1 \cdot 21{,}9 + 1 \cdot 19{,}3 + (58 - 57{,}2) \cdot 16{,}7 = 66{,}8\ €/vivienda$$

Una vez hecho este primer cálculo, se pasa a estudiar la franja nocturna. La variación que experimenta el Punto 2 va de 58 dB a 48,9 dB.

TABLA					
Variación de dB		Exclusión del trastorno del sueño (£)	Exclusión del trastorno del sueño (€)	Incluyendo trastorno del sueño (£)	Incluyendo trastorno del sueño (€)
48	49	4,4	3,7	17,99	15,3
49	50	4,8	4,1	19,46	16,5
50	51	12,46	10,6	20,92	17,8
51	52	13,13	11,2	22,39	19
52	53	13,91	11,8	23,86	20,3
53	54	14,81	12,6	25,32	21,5
54	55	15,84	13,5	26,79	22,8
55	56	16,98	14,4	28,25	24
56	57	18,24	15,5	29,72	25,3
57	58	19,62	16,7	31,19	26,5

Tabla 21. Valores monetarios por cambio de dB y por hogar (reducida)

$$(58 - 57) \cdot 26{,}5 + 1 \cdot 25{,}3 + 1 \cdot 24 + 1 \cdot 22{,}8 + 1 \cdot 21{,}5 + 1 \cdot 20{,}3 + 1 \cdot 19 + 1 \cdot 17{,}8 + 1 \cdot 16{,}5 + (49 - 48{,}9) \cdot 15{,}3 = 195{,}2€/vivienda$$

Obteniendo estos cálculos representativos, se puede considerar que la variación económica en relación con la reducción del ruido en el Punto 2 será la suma de los valores obtenidos, tal y como se muestra a continuación:

$$66{,}8€/vivienda + 195{,}2€/vivienda = 262\ €/vivienda$$

Así que siguiendo esta metodología con el resto de los puntos, se obtiene los siguientes valores:

PUNTO 1		PUNTO 3	
Dia+Tarde	Noche	Dia+Tarde	Noche
-	79,9	82,8	190,5
total P1	79,9	total P3	273,3

Tabla 22.- Tabla resumen de la repercusión económica de los Puntos 1 y 3.

Como se puede observar, los valores obtenidos dependen del número de viviendas que se vean afectadas, y de la zona en que se encuentre cada una de ellas. Por este motivo se ha decidido hacer una división en zonas a lo largo de la vía que se asemejen a las características de los puntos de estudio señalados en la Figura 24. El radio de afección de las viviendas es de unos 75 metros respecto la vía del tren. El criterio de tomar este valor es debido a diversas preguntas realizadas a los propietarios de viviendas cercanas a las vías.

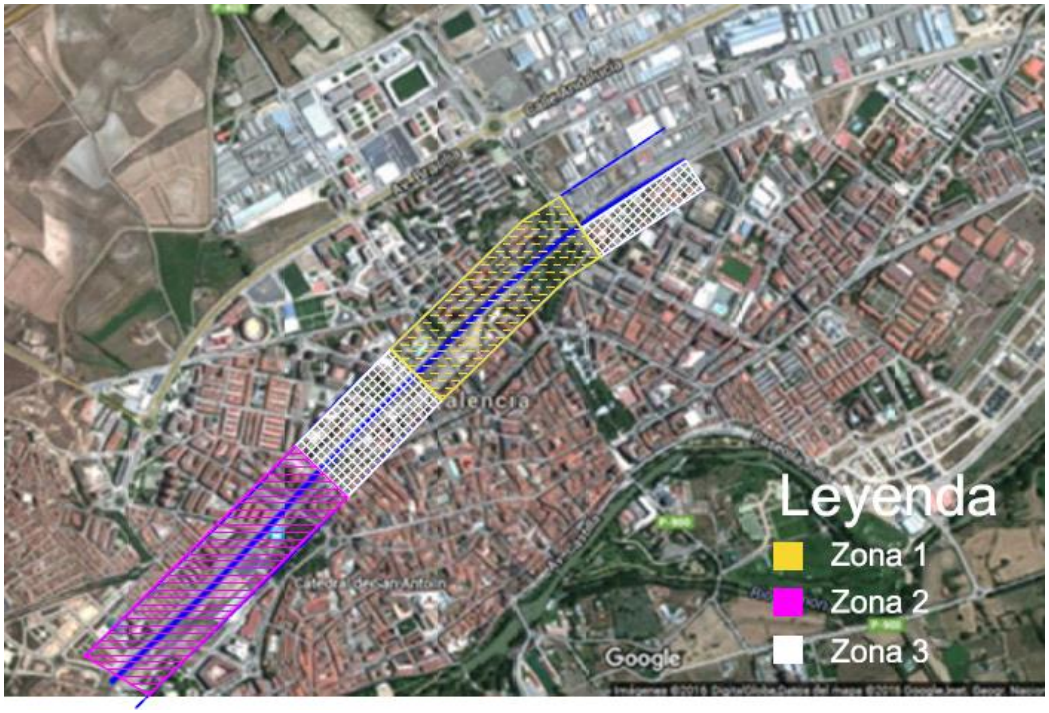


Figura 24.- División de las zonas de estudio.

Para el número de viviendas se hace una estimación en cada zona, dando los siguientes resultados:

PUNTOS	*€/ vivienda*	*nº VIVIENDAS*	*Ahorro ruido (€)*
Punto 1	79,9	1.060,00	84.694,00
Punto 2	262	980,00	256.760,00
Punto 3	273,3	680,00	185.844,00

Tabla 23. Número de viviendas en cada zona y el ahorro del ruido calculado.

4.2.3 Construcción de viviendas.

Tal y como se recoge en el "Protocolo de colaboración ente el Ministerio de Fomento, Ministerio de Medio Ambiente, la Junta de Castilla y León, el Ayuntamiento y ADIF para la integración del ferrocarril en Palencia", el soterramiento del mismo deja una superficie de suelo edificable de 290.749 m².

Según el Planteamiento Urbanístico del Ayuntamiento de Palencia y de la Junta de Castilla y León, los 290.749 m² de suelo edificable, tiene que cumplir una serie de condiciones. Estas condiciones son, que se recomienda que un 80% de este terreno vaya destinado a uso residencial, y dentro de este porcentaje, un 30%, como mínimo, destinada a viviendas de protección oficial. Considerando estas condiciones, se obtiene los m² que se destinarán a la construcción de cada tipo de viviendas.

			m² en superficie
Suelo edificable (m²)	290.749		
Aprovechamiento lucrativo (m²)	58.150		
Uso residencial (80%) (m²)	232.599	→ *Viviendas de protección oficial (m²)*	69.780
		→ *Vivienda libre (m²)*	162.819

Destacar, que el protocolo de colaboración especifica que el valor que se obtiene de la venta de las viviendas, es un valor neto, esto quiere decir que el beneficio que se obtiene es integro, descontando los costes de urbanización o de transformación.

Una vez que se obtiene los m² en superficie, se sabe que la altura de las viviendas van a ir variando, adaptándose e integrándose con las viviendas ya construidas, por eso se decide adoptar como valor representativo el de 5 alturas por vivienda.

Los siguientes datos a calcular son el valor de €/ m² de cada tipo de vivienda que se desea construir. Para llegar a calcular estos valores, se ha necesitado consultar el Centro de Información Estadística del Notariado, donde recoge una estadística que permite medir la evolución en el tiempo y según la localización de la diferencia en el ratio del precio por metro cuadrado de las viviendas de protección oficial respecto a las de régimen libre. Por ello se ha considerado necesario recopilar toda la información sobre el precio de las viviendas en Castilla y León de febrero de 2015 a febrero de 2016 (último año del que se tienen datos).

EVOLUCION PRECIO DE LAS VIVIENDAS EN CASTILLA Y LEON		
	€/m² VL	*€/m² VPO*
feb-15	718,52	717,52
mar-15	885,19	516,48
abr-15	770,29	436,45
may-15	782,92	1158,01
jun-15	991,75	775,05
jul-15	739,54	1439,12
ago-15	670,17	784,34
sep-15	692,07	859,11
oct-15	722,4	609,97
nov-15	710,55	720,99
dic-15	712,4	1017,17
ene-16	784,76	482,99
feb-16	742,86	381,1
media	763,34	761,4076923

Tabla 24. Evolución del precio a lo largo del último año, dependiendo del tipo de viviendas.

Una representación gráfica de la variación de los precios es la siguiente:

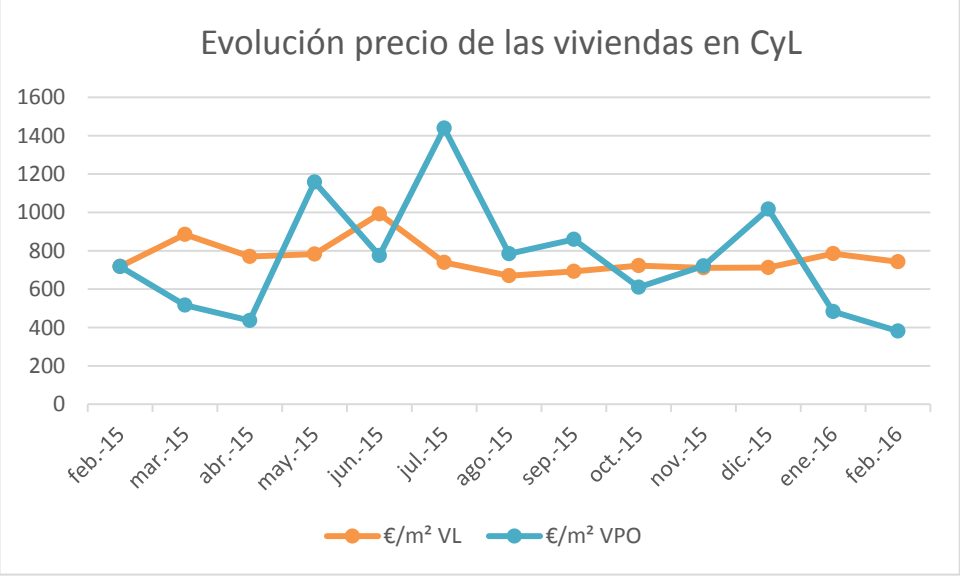


Figura 25. Gráfica de la evolución del predio de las viviendas en Castilla y León.

En esta gráfica se puede observar que la evolución no tiene una distribución lineal, si no que posee picos de valores máximos y picos de mínimos, y que incluso hay épocas del año en el que el €/m² de las viviendas de protección superan al precio de las viviendas libres. Esto puede ser debido a un crecimiento de la construcción de viviendas en zonas no urbanas, donde el precio por €/m² es menor que en las capitales de provincia.

Llegado a este punto se puede hacer varias suposiciones:

-Coger la media de los valores.

-Trabajar con los últimos valores conocidos.

-Suponer unos valores próximos a los calculados.

Finalmente se optará por esta última hipótesis, en la que se ha decidido aumentar el precio de €/m² de la vivienda libre, ya que la ubicación de los terrenos a construir se encuentra, en algunas zonas, prácticamente en el centro de la ciudad.

4.2.4 Soterramiento.

Con la información aportada por el "Protocolo de colaboración entre el Ministerio de Fomento, Ministerio de Medio Ambiente, la Junta de Castilla y León, el Ayuntamiento y ADIF para la integración del ferrocarril en Palencia", se conoce que el coste de las actuaciones para la integración del ferrocarril en Palencia asciende al valor de 292,6 millones de €.

Este valor, recoge el gasto producido por el movimiento de tierras, drenaje, estructuras, la ejecución del soterramiento, la colocación de la placa, los carriles, las traviesas, las sujeciones, los aparatos de vías, los sistemas de electrificación, los sistemas de seguridad y comunicación necesarios y la adaptación a la estación subterránea.

Este coste se reparte a lo largo del periodo de ejecución de las obra. Se ha supuesto que la distribución de los costes no sea homogénea. Por lo que se tiene que la siguiente distribución de los costes:

Distribución de los costes		
1º año	*2º año*	*3º año*
0,25	0,7	0,05

Tabla 25.- Distribución de los costes de soterramiento a lo largo del periodo de construcción. (Fuente: Elaboración propia).

4.2.5 Encauzamiento.

Este valor asciende a 54 millones de €. Para conocer esta cantidad se ha consultado de nuevo el "Protocolo de colaboración ente el Ministerio de Fomento, Ministerio de Medio Ambiente, la Junta de Castilla y León, el Ayuntamiento y ADIF para la integración del ferrocarril en Palencia".

Este coste engloba las obras de regulación o desvío del Arroyo de Villalobón. Se considera que el periódo de ejecución de estas obras es equivalente a 1 año.

4.2.6 Estudios Varios.

Gracias a la nota de prensa publicada el 22/11/2010 por el Ministerio de Fomento, se conoce el coste asociado a diversos estudios realizados para llevar a cabo la integración del ferrocarril en Palencia.

El presupuesto de la adjudicación asciende a un valor de 1.434.753,46 €. Esta cantidad engloba un estudio geológico-geotécnico, y estudios complementarios de planificación hidráulica. Este último estudio necesario, ya que se debe actuar sobre el arroyo Villalobón que dificultaría las tareas de soterramiento.

El valor de cada uno de los estudios es diferente, obteniéndose las siguientes cuantías:

Estudios	
Geológico	*Hidráulico*
473.066,31 €	961.687,15 €

Tabla 26. Coste de cada uno de los estudios realizados.

4.2.7 Otros costes.

Otros costes engloban los costes derivados del mantenimiento de la infraestructura y de operación de la misma, que se pueda emplear en la evaluación socioeconómica.

Estos importes aparecerán una vez que se termine el periodo de construcción, y comience el proceso de explotación de la infraestructura.

A falta de valores reales, se emplean valores medios, aunque no sería lo recomendable, ya que no se tiene en cuenta los inductores de los costes. Estos costes englobaran los que se produzcan por los mantenimientos de la infraestructura y la vía, el mantenimiento de la nueva estación, el mantenimiento de los aparatos de vía, el mantenimiento del sistema de electrificación, el mantenimiento de los sistemas de seguridad y comunicaciones, la operación de la infraestructura y su seguridad tanto de las vías como de la estación.

Para calcular estos gastos se ha supuesto que tanto el coste de mantenimiento, como el coste de operación suponen un 5% del coste de las obras destinadas al ferrocarril, más el coste de los estudios varios realizados. Este valor va a ser constante a lo largo de los años.

5 RESULTADOS

En el apartado Resultados, se ha recogido los valores de los distintos indicadores utilizados en un análisis socio-económico, obtenidos de cada uno de los escenarios propuestos.

5.1 ESCENARIOS

En este apartado se va a plantear una serie de escenarios con los que evaluar el estudio. Se comenzará con el escenario 1, correspondiente al escenario base de este estudio, y a continuación, se detallarán otros 5 escenarios en los que se han ido variando parámetros relevantes, consiguiendo de esta forma obtener un escenario optimista, y otro escenario pesimista.

Cada escenario estará representado por una serie de variables, y con estos valores se consigue calcular los indicadores. Estos indicadores sirven de ayuda para decidir si un proyecto se puede llevar a cabo o no. En este esquema se puede observar de manera simplificada.

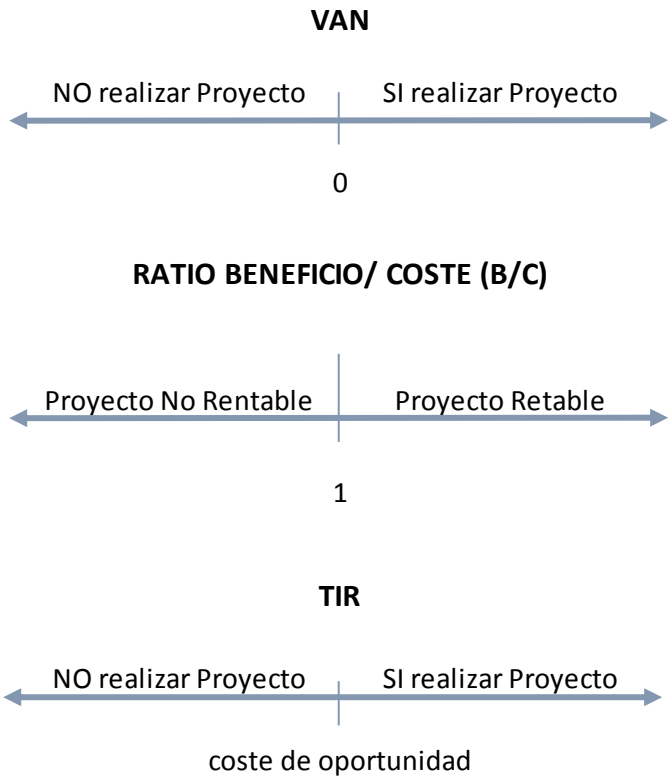


Figura 26.- Esquema de los indicadores. (Fuente: Elaboración propia).

5.1.1 Escenario 1- Caso Base.

Para elaborar el escenario 1, se han tomado los datos que se han expuesto a lo largo de este documento. Consultando durante el periodo de estudio diversas fuentes para obtener variables o datos vinculantes del proyecto.

En la siguiente tabla se recoge a modo de resumen los parámetros y variables que se han utilizado a la hora de plantear el análisis coste-beneficio. Destacar el valor que finalmente se ha considerado para el precio por metro cuadrado para las viviendas de protección oficial, y las viviendas libres.

	IMPACTO	*VARIABLE*	*VALOR*
Parámetros básicos	**Tasa de descuento**	Tasa de descuento	3,00%
Costes	**Soterramiento**	Gasto (€)	292.600.000,00
	Encauzamiento	Gasto (€)	54.000.000,00
	Estudios varios	Gasto (€)	1.434.753,46
	Explotación	Relación con coste de obras (%)	14.701.737,67
	Mantenimiento	Relación con coste de obras (%)	14.701.737,67
Beneficios	**Accesibilidad**	Tiempo barrera bajado (cada vez)(min)	2,00
		nº de trenes (dia)	45,00
		nºvehículos afectados (barrera bajada)	16,00
		nº pasajeros en el vehículo	2,00
		nº de peatones afectados(barrera bajada)	4,00
		% trabajo (usuarios)	0,55
		% ocio-corta distancia (usuarios)	0,65
		% ocio-larga distancia (usuarios)	0,35
		Valor del tiempo-trabajo/estudio (€/h)	34,07
		Valor del tiempo-ocio larga distancia (€/h)	11,95
		Valor del tiempo-ocio corta distancia (€/h)	15,35
	Ruido	Beneficio reducción ruido ZONA1 (€/año)	84.694,00
		Beneficio reducción ruido ZONA2 (€/año)	256.760,00
		Beneficio reducción ruido ZONA3(€/año)	185.844,00
	Viviendas	% destinado a uso residencial	0,80
		% variacion de uso de VL a VPO	0,30
		Altura media de los edificios	5,00
		€/m² VL	765,00
		€/m² VPO	805,00

Tabla 27.-Resumen parámetros Escenario 1.

El siguiente paso para estudiar este escenario, es el de calcular el indicador que permita calcular la rentabilidad del proyecto. Se ha decidido que en vez de analizar un solo indicador, se obtengan el VAN (suma de los flujos positivos y negativos actualizados), el TIR (suma del valor actual de los gastos con la suma del valor actual

de los ingresos), y el ratio beneficio/coste (relaciona el sumatorio de los costes actualizados entre los beneficios también actualizados).

Con estos datos se obtiene:

VAN	**8.170.016,45 €**
TIR	**3%**
RELACION B/C	**1,01**

El resultado del VAN que se obtiene es positivo (VAN>0), esto quiere decir que los beneficios superan a los costes generados. El rendimiento del proyecto se observa a través del indicador del TIR, cuyo valor obtenido es la tasa de descuento (TIR=3%). El último indicador determina si en conveniente o no realizar un proyecto (B/C=1). En este escenario, los valores de los indicadores que se han obtenido cumplen con los valores límites para poder llevar a cabo un proyecto.

5.1.2 Escenario 2. Caso Optimista.

Para este caso, se decide realizar una variación en los precios de las viviendas, tanto las viviendas de protección oficial, como las viviendas libres. Como ya se comentó anteriormente, los valores que se han usado para el estudio del escenario inicial salen de consultar la variación del precio de las viviendas de Castilla y León, en el Centro de Información Estadística del Notariado.

Para ajustar estos valores a la realidad se ha optado por incrementar los 805€/m² de la vivienda libre, utilizados en el Escenario 1, a 1300€/m², valor publicado en un informe de una página de internet dedicada a la venta de inmuebles de segunda mano. El aumento del precio de las viviendas de protección oficial va a ser menor, pasando de 765 €/m², a 850 €/m².

	IMPACTO	VARIABLE	VALOR INICIAL
Parámetros básicos	Tasa de descuento	Tasa de descuento	3,00%
Costes	Soterramiento	Gasto (€)	292.600.000,00
	Encauzamiento	Gasto (€)	54.000.000,00
	Estudios varios	Gasto (€)	1.434.753,46
	Explotación	Relación con coste de obras (%)	14.701.737,67
	Mantenimiento	Relación con coste de obras (%)	14.701.737,67
Beneficios	Accesibilidad	Tiempo barrera bajado (cada vez)(min)	2,00
		nº de trenes (dia)	45,00
		nºvehículos afectados (barrera bajada)	16,00
		nº pasajeros en el vehículo	2,00
		nº de peatones afectados(barrera bajada)	4,00
		% trabajo (usuarios)	0,55
		% ocio-corta distancia (usuarios)	0,65
		% ocio-larga distancia (usuarios)	0,35
		Valor del tiempo-trabajo/estudio (€/h)	34,07
		Valor del tiempo-ocio larga distancia (€/h)	11,95
		Valor del tiempo-ocio corta distancia (€/h)	15,35
	Ruido	Beneficio reducción ruido ZONA1 (€/año)	84.694,00
		Beneficio reducción ruido ZONA2 (€/año)	256.760,00
		Beneficio reducción ruido ZONA3(€/año)	185.844,00
	Viviendas	% destinado a uso residencial	0,80
		% variacion de uso de VL a VPO	0,30
		Altura media de los edificios	5,00
		€/m² VL	850,00
		€/m² VPO	1.300,00

Tabla 28.- Resumen parámetros Escenario 2.

Con estos datos se obtiene:

VAN	**404.091.881,65 €**
TIR	**73%**
RELACION B/C	**1,45**

5.1.3 Escenario 3. Caso Intermedio A.

En este escenario se ha decidido modificar el valor de una de las variables críticas del proyecto. La variable en cuestión es la altura media de las viviendas de nueva construcción. Se pasará de un valor de 5 alturas, a suponer que los nuevos inmuebles contarán con 6 plantas edificables cada uno de ellos.

Se ha considerado oportuno realizar este aumento debido a que la mayor parte del tazado del soterramiento circula por una zona donde los edificios tienen alturas variables entre 8 y 12 plantas, aunque también se puede encontrar edificios con tan solo 3 o 4 plantas habitables.

Desde el punto de vista urbanístico se intentará conseguir una integridad de los nuevos edificios con los actuales, por eso se dispondrán edificios con alturas variables a lo largo del soterramiento, considerando una altura media en esta suposición de 6 plantas edificables.

	IMPACTO	*VARIABLE*	*VALOR INICIAL*
Parámetros básicos	**Tasa de descuento**	Tasa de descuento	3,00%
Costes	**Soterramiento**	Gasto (€)	292.600.000,00
	Encauzamiento	Gasto (€)	54.000.000,00
	Estudios varios	Gasto (€)	1.434.753,46
	Explotación	Relación con coste de obras (%)	14.701.737,67
	Mantenimiento	Relación con coste de obras (%)	14.701.737,67
Beneficios	**Accesibilidad**	Tiempo barrera bajado (cada vez)(min)	2,00
		nº de trenes (dia)	45,00
		nºvehículos afectados (barrera bajada)	16,00
		nº pasajeros en el vehículo	2,00
		nº de peatones afectados(barrera bajada)	4,00
		% trabajo (usuarios)	0,55
		% ocio-corta distancia (usuarios)	0,65
		% ocio-larga distancia (usuarios)	0,35
		Valor del tiempo-trabajo/estudio (€/h)	34,07
		Valor del tiempo-ocio larga distancia (€/h)	11,95
		Valor del tiempo-ocio corta distancia (€/h)	15,35
	Ruido	Beneficio reducción ruido ZONA1 (€/año)	84.694,00
		Beneficio reducción ruido ZONA2 (€/año)	256.760,00
		Beneficio reducción ruido ZONA3(€/año)	185.844,00
	Viviendas	% destinado a uso residencial	0,80
		% variacion de uso de VL a VPO	0,30
		Altura media de los edificios	6,00
		€/m² VL	765,00
		€/m² VPO	805,00

Tabla 29.- Resumen parámetros Escenario 3.

Los indicadores que se obtiene para este nuevo escenario son los siguientes:

VAN	176.968.962,21 €
TIR	1%
RELACION B/C	1,19

5.1.4 Escenario 4- Caso Intermedio B.

Como se comentó cuando se introducían los parámetros básicos, existe un colegio en uno de los lados de la barrera. Esto supondrá un aumento de los ocupantes de los coches en las horas de entrada y salida de los menores, mientras en el resto del día el número de acompañantes será menor.

Para el escenario base se estableció que el número medio de ocupantes en cada vehículo fuese de 2. Al ser esta una variable crítica, se ha considerado oportuno aumentar el número medio de pasajeros a 3, y analizar las consecuencias que provocan este aumento.

	IMPACTO	*VARIABLE*	*VALOR INICIAL*
Parámetros básicos	**Tasa de descuento**	Tasa de descuento	3,00%
Costes	**Soterramiento**	Gasto (€)	292.600.000,00
	Encauzamiento	Gasto (€)	54.000.000,00
	Estudios varios	Gasto (€)	1.434.753,46
	Explotación	Relación con coste de obras (%)	14.701.737,67
	Mantenimiento	Relación con coste de obras (%)	14.701.737,67
Beneficios	**Accesibilidad**	Tiempo barrera bajado (cada vez)(min)	2,00
		nº de trenes (dia)	45,00
		nºvehículos afectados (barrera bajada)	16,00
		nº pasajeros en el vehículo	3,00
		nº de peatones afectados(barrera bajada)	4,00
		% trabajo (usuarios)	0,55
		% ocio-corta distancia (usuarios)	0,65
		% ocio-larga distancia (usuarios)	0,35
		Valor del tiempo-trabajo/estudio (€/h)	34,07
		Valor del tiempo-ocio larga distancia (€/h)	11,95
		Valor del tiempo-ocio corta distancia (€/h)	15,35
	Ruido	Beneficio reducción ruido ZONA1 (€/año)	84.694,00
		Beneficio reducción ruido ZONA2 (€/año)	256.760,00
		Beneficio reducción ruido ZONA3(€/año)	185.844,00
	Viviendas	% destinado a uso residencial	0,80
		% variacion de uso de VL a VPO	0,30
		Altura media de los edificios	5,00
		€/m² VL	765,00
		€/m² VPO	805,00

Tabla 30.- Resumen parámetros Escenario 4.

Otro de los motivos de realizar esta modificación es que para el escenario base se supuso una situación pesimista en cuanto al número medio de ocupantes se refiere.

Al realizar este aumento, se está incrementando el número de pasajeros al día que se encuentran afectados por esta falta de accesibilidad a ambos lados de la vía. Si se mantienen constantes los % de personas que usan el paso a nivel por motivos de trabajo, y por motivos de ocio (ya sea trayectos de corta o larga distancia), se obtendrán los siguientes valores en los indicadores de rentabilidad financiera

VAN	32.516.174,96 €
TIR	3%
RELACION B/C	1,03

5.1.5 Escenario 5. Caso Intermedio C.

En este escenario lo que se decide es realizar una variación del coste del soterramiento, suponer que es un 5% mayor al valor inicial. Como consecuencia de este aumento, los costes de explotación y de mantenimiento, al estar vinculados con el valor del coste del soterramiento, también incrementan su valor. En la siguiente tabla se recogen los valores de las variables, y subrayadas en verde se destacan aquellas que han variado su cifra.

	IMPACTO	*VARIABLE*	*VALOR*
Parámetros básicos	**Tasa de descuento**	Tasa de descuento	3,00%
Costes	**Soterramiento**	Gasto (€)	307.230.000,00
	Encauzamiento	Gasto (€)	54.000.000,00
	Estudios varios	Gasto (€)	1.434.753,46
	Explotación	Relación con coste de obras (%)	15.433.237,67
	Mantenimiento	Relación con coste de obras (%)	15.433.237,67
Beneficios	**Accesibilidad**	Tiempo barrera bajado (cada vez)(min)	2,00
		nº de trenes (dia)	45,00
		nºvehículos afectados (barrera bajada)	16,00
		nº pasajeros en el vehículo	2,00
		nº de peatones afectados(barrera bajada)	4,00
		% trabajo (usuarios)	0,55
		% ocio-corta distancia (usuarios)	0,65
		% ocio-larga distancia (usuarios)	0,35
		Valor del tiempo-trabajo/estudio (€/h)	34,07
		Valor del tiempo-ocio larga distancia (€/h)	11,95
		Valor del tiempo-ocio corta distancia (€/h)	15,35
	Ruido	Beneficio reducción ruido ZONA1 (€/año)	84.694,00
		Beneficio reducción ruido ZONA2 (€/año)	256.760,00
		Beneficio reducción ruido ZONA3(€/año)	185.844,00
	Viviendas	% destinado a uso residencial	0,80
		% variacion de uso de VL a VPO	0,30
		Altura media de los edificios	5,00
		€/m² VL	765,00
		€/m² VPO	805,00

Tabla 31.- Resumen parámetros Escenario 5.

A partir de estos valores se obtiene:

VAN	**- 33.700.658,11 €**
TIR	**4%**
RELACION B/C	**0,96**

5.1.6 Escenario 6- Caso Pesimista.

Según el Planteamiento Urbanístico del Ayuntamiento de Palencia y de la Junta de Castilla y León, de los 290.749 m² de suelo edificable, se recomienda que un 80% de este terreno vaya destinado a uso residencial. Al considerar la variación de este porcentaje como variable crítica, se decide disminuir la cantidad de terreno destinado a uso residencial, pasando de 80% a 75%. En verde se recoge el nuevo valor de la variable modificada.

	IMPACTO	*VARIABLE*	*VALOR INICIAL*
Parámetros básicos	**Tasa de descuento**	Tasa de descuento	3,00%
Costes	**Soterramiento**	Gasto (€)	292.600.000,00
	Encauzamiento	Gasto (€)	54.000.000,00
	Estudios varios	Gasto (€)	1.434.753,46
	Explotación	Relación con coste de obras (%)	14.701.737,67
	Mantenimiento	Relación con coste de obras (%)	14.701.737,67
Beneficios	**Accesibilidad**	Tiempo barrera bajado (cada vez)(min)	2,00
		nº de trenes (dia)	45,00
		nºvehículos afectados (barrera bajada)	16,00
		nº pasajeros en el vehículo	2,00
		nº de peatones afectados(barrera bajada)	4,00
		% trabajo (usuarios)	0,55
		% ocio-corta distancia (usuarios)	0,65
		% ocio-larga distancia (usuarios)	0,35
		Valor del tiempo-trabajo/estudio (€/h)	34,07
		Valor del tiempo-ocio larga distancia (€/h)	11,95
		Valor del tiempo-ocio corta distancia (€/h)	15,35
	Ruido	Beneficio reducción ruido ZONA1 (€/año)	84.694,00
		Beneficio reducción ruido ZONA2 (€/año)	256.760,00
		Beneficio reducción ruido ZONA3(€/año)	185.844,00
	Viviendas	% destinado a uso residencial	0,75
		% variacion de uso de VL a VPO	0,30
		Altura media de los edificios	5,00
		€/m² VL	765,00
		€/m² VPO	805,00

Tabla 32.- Resumen parámetros Escenario 6.

Al realizar este descenso, los beneficios obtenidos por la venta de los inmuebles va a ser menor que los que se obtienen en el escenario base, así que los nuevos indicadores financieros que se obtienen en este escenario serán:

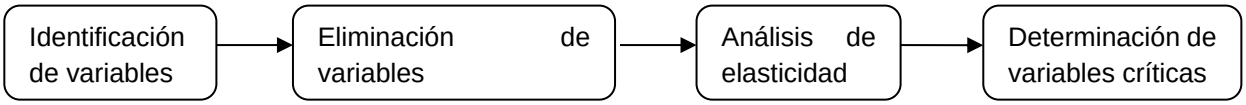
VAN	**-**	**44.579.654,10 €**

TIR	**4%**

RELACION B/C	**0,95**

5.2 ANÁLISIS DE LA SENSIBILIDAD.

En esta etapa lo que se pretende, es analizar que variables son las críticas dentro del proyecto. Para ello se seguirá los pasos establecidos en el aparatado de Metodología.



En la tabla 33 se recogen todas las variables, tras la previa eliminación de las variables dependientes, de las que depende el cálculo del indicador final de rentabilidad. Estas se encuentran divididas en parámetros básicos, costes y beneficios, y dentro de esta separación se encuentran relacionadas con el impacto al que afectan. También se ha considerado necesario introducir la categoría de cada una de las variables.

Para realizar el análisis de elasticidad, se adopta un aumento de un 1% en los valores iniciales de cada variable, de esta forma se obtendrá un nuevo valor del VAN para cada variable, tal y como se muestra en la tabla. Recordar que este proceso se tiene que realizar tantas veces como variables tenga el proyecto.

Con el nuevo indicador de rentabilidad calculado, se analiza como varía este respecto el VAN del escenario base. Se puede considerar variables críticas aquellas que hayan sufrido un aumento o una disminución mayor al 1%. Se resaltan en verde las variables críticas de este proyecto.

	IMPACTO	CATEGORIA	VARIABLE	NUEVO VALOR	VARIACION	¿VARIABLE CRITICA?
Parámetros básicos	Tasa de descuento	*Precios*	Tasa de descuento	0,0303	0,19	NO
Costes	Soterramiento	*Coste de inversión*	Gasto (€)	310.302.300,00	-1,02	SI
	Encauzamiento	*Coste de inversión*	Gasto (€)	54.540.000,00	-0,07	NO
	Estudios varios	*Coste de inversión*	Gasto (€)	1.449.100,99	0,00	NO
	Explotación	*Coste de operación*	Relación con coste de obras (%)	15.587.570,05	-0,34	NO
	Mantenimiento	*Coste de operación*	Relación con coste de obras (%)	15.587.570,05	-0,34	NO
Beneficios	Accesibilidad	*Demanda*	Tiempo barrera bajado (cada vez)(min)	2,02	0,01	NO
			nº de trenes (dia)	45,45	0,06	NO
			nºvehículos afectados (barrera bajada)	16,16	0,06	NO
			nº pasajeros en el vehículo	2,02	0,06	NO
			nº de peatones afectados(barrera bajada)	4,04	0,0014	NO
			% trabajo (usuarios)	0,56	0,10	NO
			% ocio-corta distancia (usuarios)	0,66	0,08	NO
			% ocio-larga distancia (usuarios)	0,354	0,0004	NO
		Precios contables	(€/h)	34,4130735	0,01	NO
			Valor del tiempo-ocio larga distancia (€/h)	12,07	0,0016	NO
			Valor del tiempo-ocio corta distancia (€/h)	15,50	0,0001	NO
	Ruido	*Parámetros C-B*	Beneficio reducción ruido ZONA1 (€/año)	85.540,94	0,00	NO
			Beneficio reducción ruido ZONA2 (€/año)	259.327,60	0,01	NO
			Beneficio reducción ruido ZONA3(€/año)	187.702,44	0,0043	NO
	Viviendas	*Parámetros C-B*	% destinado a uso residencial	0,81	1,29	SI
		Parámetros C-B	% variacion de uso de VL a VPO	0,3030	-0,02	NO
		Parámetros C-B	Altura media de los edificios	5,05	1,03	SI
		Precio de los productos	€/m² VL	772,65	0,30	NO
			€/m² VPO	813,05	0,73	NO

Tabla 33.- Variación del VAN en el Análisis de sensibilidad. (Fuente: Elaboración propia).

Esta tabla se ha obtenido aumentando todas las variables en un 1%. Pero hay variables que al aumentar este porcentaje no se obtienen resultados lógicos, es decir el número inicial de ocupantes de un vehículo es de 2 personas, que tras ser aumentado el 1%, se obtiene 2,02, lo cual no puede ser. Para este tipo de variables se ha decidido aumentar este porcentaje hasta alcanzar el entero superior.

Las variables en las que se tiene que aumentar o disminuir un porcentaje diferente al 1% son:

-nº de trenes que circulan por el paso a nivel a lo largo del día.

-nº de vehículos afectados cuando la barrera se encuentra bajada.

-nº de pasajeros por vehículo.

-nº de peatones afectados cuando la barrera se encuentra bajada.

-altura media de los edificios a construir.

Estudiando cada una de ellas por separado se obtiene que:

- **Nº de trenes que circulan por el paso a nivel a lo largo del día:**

  Tras realizar la variación del 1%, se puede apreciar que se obtiene un valor de 45,45 trenes, lo cual es ilógico. Por este motivo se decide escoger la cantidad de 46 trenes, aumentando el valor inicial un 2,22%. Con esta modificación el indicador del VAN crece, pero aun así sigue sin ser variable crítica.

	VARIABLE	*NUEVO VALOR*	*NUEVO VAN*	*VARIACION*	*¿VARIABLE CRITICA?*
Antes (+1%)	*nº de trenes (dia)*	45,45	8.656.360,09	0,05952787	NO
Después (+2,22%)	*nº de trenes (dia)*	46	9.241.679,65	0,13117026	NO

Tabla 34.- Modificación de la variable nº de trenes. (Fuente: Elaboración propia).

- **Nº de vehículos afectados.**

  Si se realiza un aumento del 1% en esta variable, se obtiene que el número de vehículos afectados es de 16,16. Aplicando las consideraciones anteriores se decide aplicar una variación de 6.25%. De esta forma se consigue que el número de vehículos afectados sea un valor entero. Se observa que, a pesar del aumento del valor, la variable sigue sin ser crítica.

	VARIABLE	*NUEVO VALOR*	*NUEVO VAN*	*VARIACION*	*¿VARIABLE CRITICA?*
Antes (+1%)	*nºvehículos afectados (barrera bajada)*	16,16	8.645.075,09	0,0581466	NO
Después (+6,25%)	*nºvehículos afectados (barrera bajada)*	17	11.204.944,12	0,37147143	NO

Tabla 35.- Modificación de la variable nº de vehículos afectados. (Fuente: Elaboración propia).

- **Nº de pasajeros por vehículo.**

  Inicialmente, se decidió tomar como ocupación media de los vehículos el valor de 2 ocupantes. En este caso, el aumento del 1% no se consideraba razonable, por lo que se decide que el número de pasajeros medio por vehículo afectado sea 3. De esta forma, se está aumentando esta variable en un 50%. El nuevo valor del VAN será el que se recoja en la tabla 36. Resaltar que con esta variación el nº de pasajeros por vehículo pasa a ser una variable crítica.

	VARIABLE	NUEVO VALOR	NUEVO VAN	VARIACION	¿VARIABLE CRITICA?
Antes (+1%)	*nº pasajeros en el vehículo*	2,02	8.645.075,09	0,0581466	NO
Después (+50%)	*nº pasajeros en el vehículo*	3	32.516.174,96	2,97993996	SI

Tabla 36.-.- Modificación de la variable nº de pasajeros por vehículo.

- **Nº de peatones afectados:**

  A pesar de que se realice un aumento del 25% en esta variable, debido a que son personas, sigue sin ser una variable crítica.

	VARIABLE	NUEVO VALOR	NUEVO VAN	VARIACION	¿VARIABLE CRITICA?
Antes (+1%)	*nº de peatones afectados(barrera bajada)*	4,04	8.181.301,45	0,00138127	NO
Después (+25%)	*nº de peatones afectados(barrera bajada)*	5	8.425.632,69	0,03128711	NO

Tabla 37.- Modificación de la variable nº de peatones afectados.

- **Altura media de los edificios a construir**.

  Al aumentar un 1% esta variable, ya se observa que es una variable crítica. Pero este incremento supone que la altura a construir sea de 5,05, algo que es imposible. Por este motivo se decide que el aumento que sufra esta variable sea de 20%. De esta forma se obtiene un valor entero de alturas media a construir en los edificios.

	VARIABLE	NUEVO VALOR	NUEVO VAN	VARIACION	¿VARIABLE CRITICA?
Antes (+1%)	*Altura media de los edificios*	5,05	16.609.963,74	1,0330392	SI
Después (+20%)	*Altura media de los edificios*	6	176.968.962,21	20,6607841	SI

Tabla 38.- Modificación de la variable altura media de los edificios a construir.

Tras realizar un análisis más minucioso en estas últimas variables, se obtiene una nueva variable crítica, por lo que finalmente las variables críticas asociadas a este proyecto son las siguientes:

- El coste del soterramiento.
- -% destinado a uso residencial.
- -Altura media de los edificios.

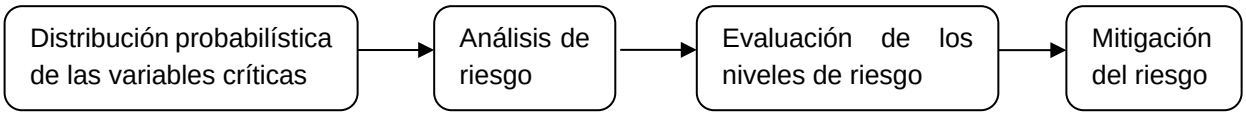
- -nº de pasajeros en el vehículo.

5.3 ANÁLISIS DE RIESGO. MONTECARLO.

El objetivo de realizar el análisis del riesgo, es reducir los niveles de incertidumbre que se generan cuando se estudia económicamente un proyecto. La incertidumbre de las variables, da lugar a una incertidumbre en los resultados del análisis de costes y beneficios.

Extrapolándolo a este estudio, en el análisis se ha partido de un escenario base, con determinadas variables. Estas variables poseen un determinado valor. Valores que se han fijado, pero que pueden ser diferentes, incluso muy diferentes, de los calculados (aunque el valor tomado se ha considerado el más adecuado y realista de entre los posibles.), provocando que el proyecto tenga un menor bienestar social en comparación con el resultado esperado. Por eso se evalúa esta incertidumbre, considerando que las distintas variables de un determinado estudio pueden moverse dentro de un intervalo más o menos definido.

En el siguiente esquema, extraído del apartado de Metodología, se puede observar los pasos necesarios a realizar.



Para llevar a cabo el estudio del riesgo ha sido necesario recurrir al programa RStudio, ya que permite realizar un mejor análisis estadístico de los datos.

Para ello, se crearán 500 indicadores económicos aleatorios para realizar una simulación de Montecarlo. Estos casos surgen de estudiar la distribución probabilística de las variables del estudio. Para este caso se ha considerado necesario simplificar el número de variables de estudio, siendo introducidas en el programa las siguientes:

- Tasa de descuento

-Soterramiento (C1).

-Encauzamiento (C2).

-Estudios varios (C3).

-Explotación (C4).

-Mantenimiento (C5).

-Accesibilidad (I1).

-Ruido (I2).

-Viviendas (I3).

Tras definir las variables requeridas para el estudio, se determina la distribución de probabilidad de cada una de ellas. De esta forma, se describe la probabilidad de ocurrencia de los valores de una variable dentro de un rango definido.

Con la simplificación de las variables realizadas en el paso anterior, se descarta la distribución de probabilidad discreta, ya que no hay limitaciones en que se pueda dar cualquier valor dentro del rango establecido. Estos valores son igualmente probables de que ocurran, por eso la distribución utilizada para estudiar el comportamiento de las variables de una distribución uniforme.

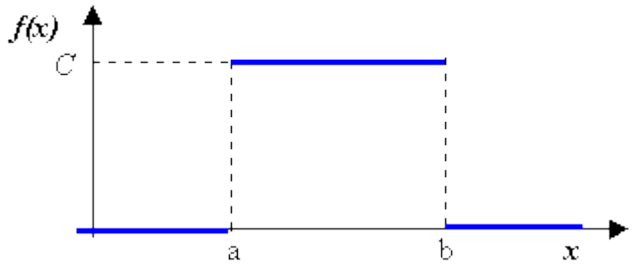


Figura 27.-Función de probabilidad asignada a una distribución uniforme. (Fuente: Elaboración propia).

Por esta razón se ha decidido que el rango de variación para las variables relacionadas con el coste y con los ingresos sea de ±10%, mientras que para la tasa de descuento sea de ±5%.

Posteriormente, es el programa el encargado de generar 500 supuestos aleatorios de cada una de las variables. De esta forma, se calcula los valores netos actualizados de cada uno de los casos.

Como resultados más significativos que se han extraído, se tiene.

-La media del VAN de los 500 casos generados: -17.981.829.

-Mínimo:- 212.562.037.

-Máximo: 167.451.928.

-La varianza de todos los supuestos: 9,969748e+15.

-Histograma.

-La representación gráfica de la función de densidad.

-La representación gráfica de la función de probabilidad del indicador.

Para analizar el riesgo con los datos obtenidos, se ha decidido realizar el histograma. Esta representación ofrece una visión grupal, permitiendo observar una preferencia, o tendencia, por parte de la muestra por ubicarse hacia una determinada región de valores dentro de todos los valores posibles. En este histograma, se observa que, a pesar de que el valor de la media obtenido sea negativo, la frecuencia con la que se generan sucesos de VAN positivos es mayor que la de los negativos. Por lo que la tendencia de este estudio es ubicarse en la región positiva.

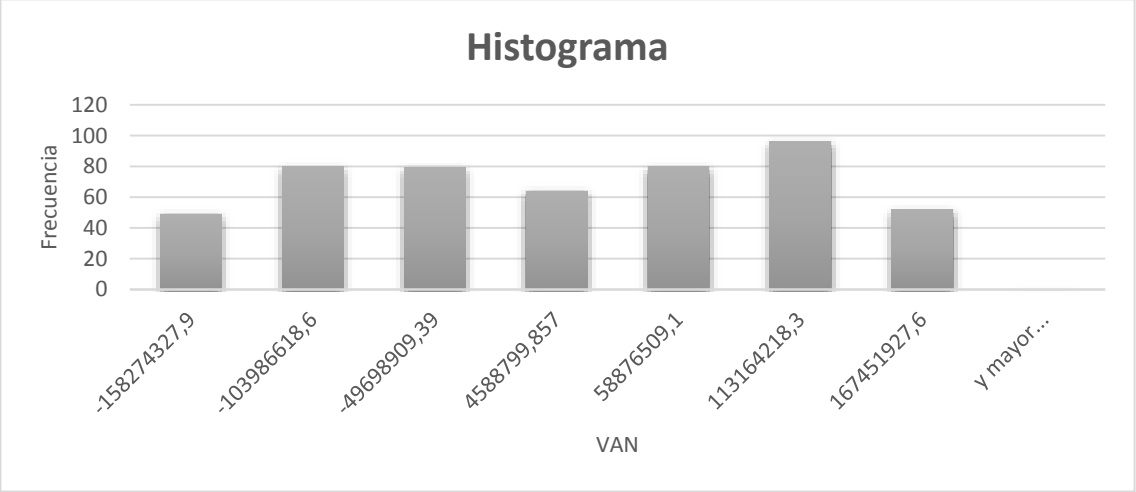


Figura 28.-Histograma de los 500 casos aleatorios del VAN. (Fuente: Elaboración propia).

Un histograma es, una manera conveniente de visualizar la distribución de probabilidad asociada a una variable aleatoria X, tanto es así, que la función de distribución de la probabilidad se puede obtener a partir del histograma, como se muestra a continuación.

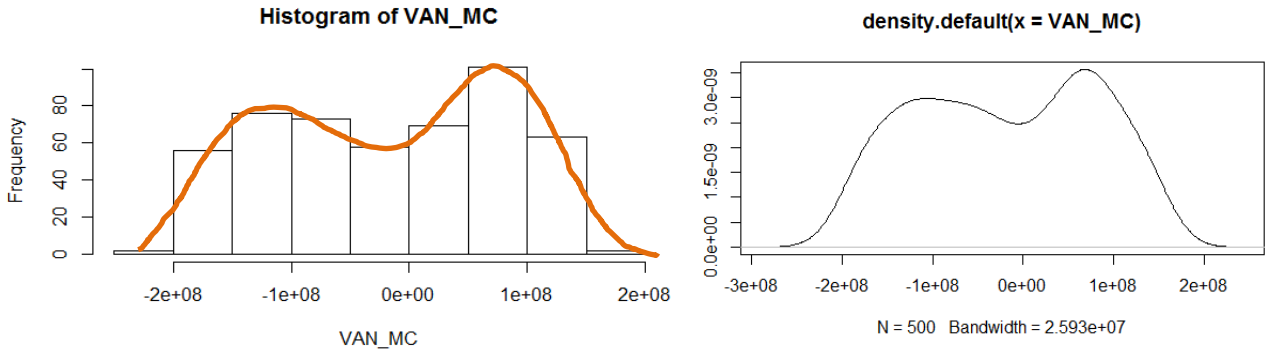


Figura 29.-Histograma y curva de densidad. (Fuente: RStudio).

A pesar de que el histograma y la curva de densidad muestren la misma curva, el eje de ordenadas de cada una de las gráficas es distinto. De esta forma, el histograma agrupa y cuenta el número de veces que se tiene un valor del VAN en un intervalo,

mientras que la curva de densidad da la probabilidad de obtener un valor concreto del VAN.

Entonces, si se quiere estudiar una determinada probabilidad, se puede recurrir a cualquiera de los dos, ya que el resultado que se vaya a obtener será el mismo. Para evaluar esa probabilidad, se tiene que calcular el área que queda por debajo de dichas gráficas. Por ese motivo, las probabilidades de que el VAN sea negativo, será el área que queda por debajo de la función de densidad, desde su valor inicial hasta el cero. El representado en color azul. Mientras que las probabilidades de que el VAN sea positivo, será el área comprendido por la gráfica desde el cero hasta su valor final. El representado en color rojo.

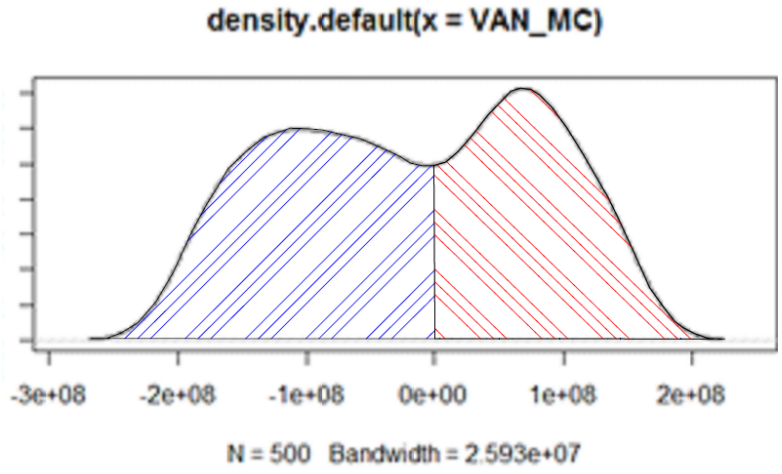


Figura 30.-Áreas de la curva de densidad. (Fuente: Elaboración propia).

Por el contrario, si no se quiere estudiar la probabilidad de obtener un VAN determinado, y lo que se quiere conseguir es, la probabilidad de que se dé un VAN y todos los que estén por debajo, es necesario recurrir entonces a la curva de probabilidad acumulada.

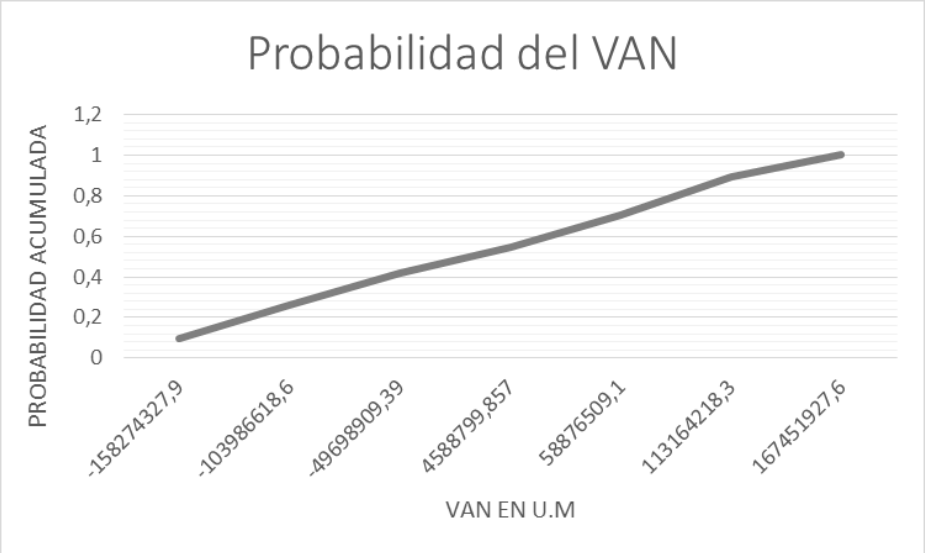


Figura 31.-Gráfica de la probabilidad acumulada. (Fuente: Elaboración propia).

Tras estudiar con detenimiento la gráfica de la probabilidad acumulada, se decide asemejar la curva a una ecuación. Tras probar con ecuaciones polinómicas, exponenciales, e incluso logarítmicas, se determina que la que más se aproxima a los resultados de la curva es, la ecuación de una recta. En la figura 32, se puede observar la aproximación entre la curva de la probabilidad acumulada y la recta, además de la ecuación de dicha recta.

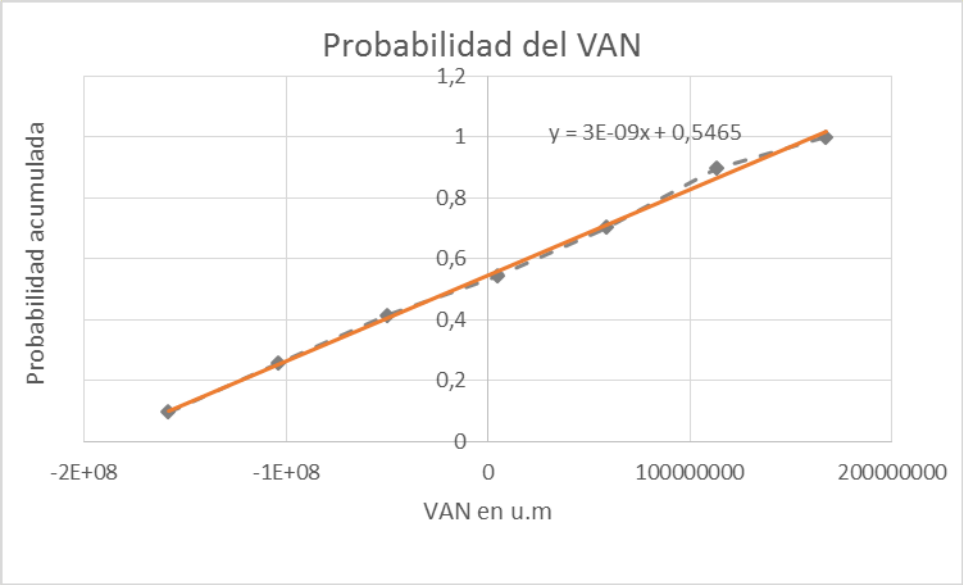


Figura 32.- Gráfica de la probabilidad acumulada y su línea de tendencia.

Con la ecuación de la recta definida, se puede calcular probabilidades interesantes que ayuden a la hora de realizar el análisis de riesgo. Entre estos se puede destacar:

-Probabilidad de que el VAN obtenido sea negativo: 0,5465

-Probabilidad de que el VAN obtenido sea positivo: 1-0,5465=0,4535

-Probabilidad de que el VAN obtenido sea menor al obtenido en el escenario base: 0,571.

-Probabilidad de que el VAN obtenido sea mayor al obtenido en el escenario base: 1-0,571=0,429.

5.4 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.

Para poder analizar los distintos escenarios que han sido creados, se han elaborado diferentes gráficos para cada uno de los indicadores de rentabilidad calculados. VAN, TIR, Relación C/B. En cada uno de ellos se han representado los distintos escenarios calculados

Además de contar con esta representación gráfica como ayuda, es necesario hacer referencia a la Figura 33 en la que se puede observar un esquema básico de los distintos indicadores de rentabilidad de un proyecto.

Como el indicador del Valor Actualizado Neto, y la Relación B/C, muestran los mismos resultados, se ha decidido exponer ambos dos a la vez.

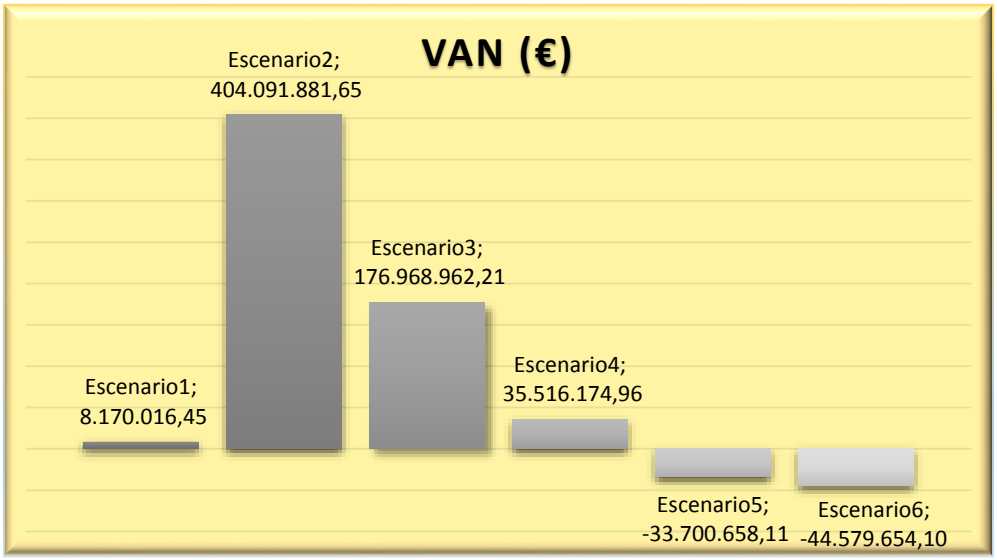


Figura 33.-Gráfico comparativo del VAN. (Fuente: Elaboración propia).

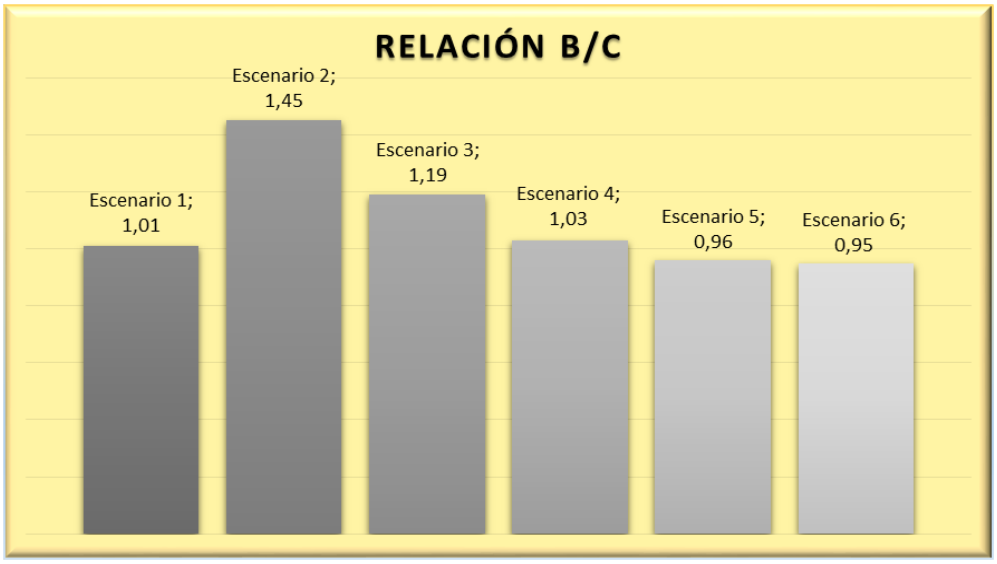


Figura 34.- Gráfico comparativo de la relación B/C. (Fuente: Elaboración propia).

Mientras que el Valor Actualizado Neto, es el indicador más utilizado, puesto que relaciona las ganancias totales netas del proyecto, el ratio B/C, realiza la misma relación, pero de una forma adimensional.

Ambos indicadores determinan si un proyecto es conveniente o no, al comparar los beneficios actualizados con los costes también actualizados. Pero los valores de referencia, son diferentes para cada uno de ellos. Siendo el valor 0 para el indicador del VAN, y el 1 para la relación B/C.

De esta forma se diferenciaran aquellos escenarios cuyo VAN sea menor que cero, de los escenarios con VAN positivo. Se puede realizar la misma diferenciación si se estudia su relación B/C, pero tomando el valor 1 como referencia.

Tras el cálculo de ambos indicadores en cada uno de los escenarios, se puede determinar a primera vista que los 4 primeros escenarios se aceptarían porque presentan un valor del VAN positivo, mientras que el Escenario 5 y el Escenario 6 no resultarían aceptables al arrojar un VAN negativo.

Si se profundiza un poco más este estudio se puede precisar que si se llevara a cabo estos dos últimos escenarios con los valores de las variables indicadas en cada uno de ellos, no se recuperaría la inversión del proyecto. Esto es debido a que su B/C es menor que 1.

Por el contrario el resto de los escenarios (el 1, el 2, el 3 y el 4), cubrirán la tasa de rendimiento y se obtendrá una ganancia extra.

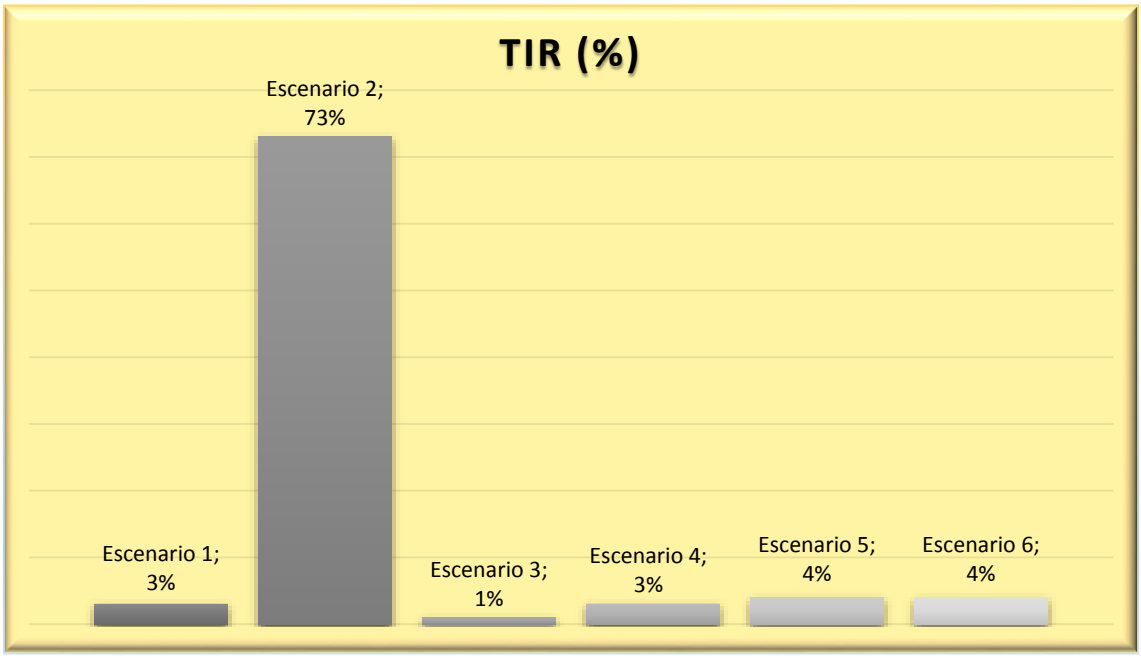


Figura 35.-Gráfico comparativo del TIR (Fuente: Elaboración propia).

La tasa de rendimiento interno, indica el rendimiento de un proyecto. Este indicador se compara con el coste de oportunidad. En este proyecto es difícil de cuantificar dicho valor, porque el coste de oportunidad se podría asemejar a la tasa de descuento, o al tipo de interés de mercado, o a un determinado porcentaje de rendimiento dependiendo del tipo de inversor. Lo único claro que se puede sacar de este indicador es que a mayor TIR, implica un mayor rendimiento, y a mayor rendimiento, implica que los proyectos sean más atractivos.

Analizando este indicador para los diferentes escenarios que se han planteado, se obtiene que el Escenario 2 es el más atractivo. Se debe a que el valor del precio por metro cuadrado de las viviendas libres asciende a casi al doble del valor planteado inicialmente.

En el lado opuesto se encuentra el Escenario 3, que será la opción menos atractiva entre los escenarios.

A modo de resumen, se puede decir que de los distintos escenarios que se han planteado, los menos atractivos son:

-Escenario 3, debido a que el valor del TIR es muy pequeño.

-Escenario 5, debido a que: VAN<0.

-Escenario 6, debido a que VAN<0.

Como era de intuir, el Escenario 2, el optimista, es el que mayor VAN tiene, el que posee un mayor rendimiento, y el que es más rentable.

La crítica que se puede hacer respecto al escenario optimista es la siguiente. Ya que a mayor VAN implica un aumento del bienestar social, se podría considerar que el Escenario 2 es con el que mayor bienestar social se obtiene. Recordar, que para obtener este caso de estudio se consigue aumentado el precio por metro cuadrado de las viviendas de protección oficial de 765 a 850, mientras que el aumento que sufren las viviendas libres es de 805€/m² a 1300 €/m².

Un aumento de casi el doble en el precio del metro cuadrado en viviendas de nueva construcción, implica que los posibles compradores sean, en este escenario, los menos beneficiados. Mientras que por el contrario, los grandes beneficiados en este supuesto sean las posibles empresas constructoras e incluso la administración.

Si se analizan los dos escenarios restantes, se tiene que el Escenario 4 cumple los distintos indicadores planteados para el análisis coste-beneficio del proyecto, pero la ganancia extra que se obtiene es pequeña, ya que su ratio B/C=1,03. Algo similar ocurre con el Escenario base, pero en esta situación la ganancia extra sería casi nula, debido a que su ratio B/C=1,01. Hay poca diferencia entre estos dos escenarios en cuanto a este indicador se refiere, ya que con el VAN, el Escenario 4 supera con creces, hablando monetariamente, al Escenario base.

Si se continúa estudiando el Escenario base, lo que más llama la atención de los valores obtenidos, es que la media del VAN de los 500 casos generados aleatoriamente

sea negativa (VAN=-17.981.829). Mientras que el valor neto actualizado calculado en el escenario base, es positivo. (VAN=8.170.016,45).

El VAN del escenario base, surge de fijar los valores de las variables. Variables fijadas, igual a un único caso. Al realizar la distribución uniforme de las variables, se obtiene una consecución de diferentes valores del VAN. De esta forma se está teniendo en cuenta todos los posibles escenarios, desde el más optimista (VAN=167.451.928), hasta el más negativo (VAN=- 212.562.037).

El motivo de que el valor del VAN del Escenario base sea positivo es, que se ha sido optimista al fijar los valores de las distintas variables. Pero la diferencia entre el VAN medio y el VAN base respecto todos los indicadores aleatorios creados es pequeña. Por lo que el error cometido a la hora de determinar las variables es bajo. En el siguiente esquema se puede observar los resultados gráficamente.

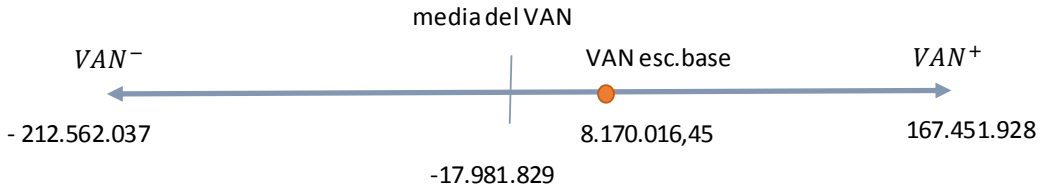


Figura 36.- Representación gráfica de los distintos valores del indicador VAN. (Fuente: Elaboración propia).

Si se quiere realizar una relación numérica entre estos valores, se tiene que la probabilidad de que el VAN, en este proyecto, sea igual o mayor al VAN medio obtenido de generar los 500 supuestos aleatorios, es del 50%. Mientras que, la probabilidad de que este indicador sea igual o mayor al VAN del Escenario base, es del 42,9%. De esta forma se vuelve a demostrar que las suposiciones realizadas en el escenario inicial, en el de estudio, no se distancian demasiado con los resultados obtenidos del análisis de riesgo.

6 CONCLUSIONES.

Llegando a este punto del documento, ya se puede dar una respuesta a la pregunta de la viabilidad socio-económica de llevar a cabo el proyecto del soterramiento del tren en la ciudad de Palencia, objetivo principal de este trabajo fin de máster, como quedó plasmado en la sección introductoria.

El estudio de la metodología del análisis coste-beneficio por un lado, y de la situación actual del ferrocarril en la ciudad de Palencia (objetivos secundarios también de este trabajo), han permitido crear la base necesaria para poder realizar los análisis socio-económicos necesarios.

A continuación, la creación y estudio de los diversos escenarios planteados, ha ofrecido una enorme variedad de resultados, aunque el protagonista de todos ellos es el escenario base. Este escenario base, revela un resultado positivo de la rentabilidad. Al obtener un VAN positivo indica que el proyecto es rentable socio-económicamente hablando, y, con el parámetro del ratio B/C arrojando un resultado próximo a la unidad, se verifica esta afirmación.

Por otro lado, el análisis de sensibilidad muestra que los parámetros coste del soterramiento, % de terreno destinado a uso residencial, altura media de los edificios, número de pasajeros en los vehículos, son parámetros críticos. Esto implica que, a pequeñas modificaciones en la cuantía de cada uno de ellos, conlleva elevadas variaciones en el resultado del indicador del VAN.

Algo que resulta por otro lado evidente y que por tanto valida el modelo desarrollado, ya que si se aumenta el coste del soterramiento, o, se disminuye la superficie destinada a la construcción de viviendas, o la altura de estas se encuentra por debajo de la media establecida, nos encontramos ante una situación en la que el indicador del VAN arrojaría resultados negativos, y se recomendaría la opción de no llevar a cabo el proyecto. Si, en vez de suponer esta tendencia, obligamos a que las variables que antes aumentaban, ahora disminuyan, y las que antes disminuían, ahora aumenten, obtendríamos resultados del indicador positivos. Valores, que además de positivos son elevados.

Para realizar un estudio completo, se realizó un análisis probabilístico, permitiendo así tener en cuenta un elevado número de escenarios aleatorios. De esta forma, se ha podido realizar un análisis que se ajuste en mayor medida a la variabilidad real de las variables consideradas. Una simulación en la que se consideran 500 casos aleatorios que nos permite interpretar los resultados en los que se puede observar que el VAN medio obtenido es negativo, siendo este igual a -17.981.829€.

A pesar de la poca diferencia entre este indicador, y el VAN calculado inicialmente, implicaría que la respuesta que se puede dar a la pregunta de si el proyecto del soterramiento es viable socio-económicamente, seria de NO, pero…

¿Cuál es el precio que tienen que pagar los habitantes de Palencia para poder destruir esta barrera?

Hay que recordar que, como cualquier obra de ingeniería civil, los grandes beneficiados con la realización de este proyecto son los ciudadanos. Ciudadanos que ven como sus réplicas se quedan encerradas en un cajón. Mientras que las empresas y la administración juegan a intentar arreglar el problema de la accesibilidad, imponiendo enormes bloque de hormigón para la construcción de una pasarela que rompe con la estética y la funcionalidad de la ciudad.

7 BIBLIOGRAFIA

- Ministerio de Fomento (2014), *NOTA DE SERVICIO 3/2014: Prescripciones y recomendaciones técnicas relativas a los contenidos mínimos a incluir en los Estudios de Rentabilidad de los Estudios Informativos de la Subdirección General de Estudios y Proyectos.* (Secretaría de Estado de Infraestructuras, transporte y vivienda. Secretaría General de Infraestructuras. Dirección General de Carreteras. Subdirección General de Estudios y Proyectos).
- CALDERÓN CALDERÓN, B., SAINZ GUERRA, J.L., GARCÍA CUESTA, J.L., (2003), *Soterramiento del ferrocarril y transformaciones urbanísticas en Valladolid.* (Universidad de Valladolid Confederación Vallisoletana de Empresarios).
- European Comission (2014), *Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects – Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020.* (Directorate General for Regional and Urban policy).
- Skyscrapercity.com. (2016). *Varios | Integración urbana del ferrocarril - Page 3 – SkyscraperCity*. [online] Available at: http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=1589527&page=3
- Ayuntamiento de Palencia (2014), *Documento para el levantamiento parcial de la suspensión en el ámbito del Peri-3 y previsión del tramo de viario de unión entre las estaciones de autobuses y ferrocarril de Palencia.* (Planeamiento y Gestión Urbanística).
- Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas CEDEX (2010), *Manual: Evaluación socioeconómica y financiera de proyectos de transporte.* (Ministerio de Fomento, Gobierno de España).
- MARTÍN, Mª. A., TARRERO, A.I., RICO. S. FUENTE, L., (2004), *Impacto acústico del soterramiento del tren en la ciudad de Valladolid (España)*. (E.U. Politécnica, U. Valladolid).
- Nota de prensa del Ministerio de Fomento (22 de noviembre de 2010), *Fomento avanza en la integración del ferrocarril en Palencia.* (Oficina de información, Ministerio de Fomento).
- ORDÓÑEZ, J.L., (1994), *Operación urbanística para integrar el ferrocarril en la ciudad de Palencia. Los trenes a la vista conforman también el medio ambiente urbano.* (Vía Libre).
- Fomento.gob.es. (2016). *Áreas de actividad - Ministerio de Fomento*. [online] Available at: http://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/

- Senserrich, R. (2016). *Racionalizando el gasto en ferrocarriles*. [online] Politikon. Available at: http://politikon.es/2013/07/10/racionalizando-el-gasto-en-ferrocarriles/
- CORREA RESTREPO, F., OSORIO MÚNERA, J.D., PATIÑO VALENCIA, B., (2011), *Valoración económica del ruido: una revisión analítica de estudios.* (Universidad de Medellín).
- En defensa del soterramiento del ferrocarril en Palencia. (2015). *Quién paga el Soterramiento del Ferrocarril y a cuánto asciende su coste.* [online] Available at: https://soterramientopalencia.wordpress.com/2015/06/13/quien-paga-el-soterramiento-del-ferrocarril-y-a-cuanto-asciende-su-coste/
- Ministerio de Fomento, Ministerio de Medio Ambiente, Junta de Castilla y León, Adif, Ayuntamiento de Palencia (2008), *Protocolo de colaboración entre el Ministerio de Fomento, el Ministerio de Medio Ambiente, la Junta de Castilla y León, el Ayuntamiento de Palencia y Adif para la integración del ferrocarril en Palencia.*
- Gov.uk. (2013). *Noise pollution: economic analysis - Detailed guidance - GOV.UK.* [online] Available at: https://www.gov.uk/guidance/noise-pollution-economic-analysis
- TORRES ORTEGA, S. (2014), *Nuevos problemas en la evaluación de proyectos de ingeniería.* DÍAZ SIMAL, P., Director. Tesis doctoral. (Universidad de Cantabria).
- En defensa del soterramiento del ferrocarril en Palencia. (2015). *Soterramiento del ferrocarril, planos y documentación.* [online] Available at: https://soterramientopalencia.wordpress.com/2015/06/13/soterramiento-del-ferrocarril-planos-y-documentacion/
- TORRES ORTEGA, S. (2015), *Módulo 2. Aplicaciones a proyectos de ingeniería.* (Apuntes de la Asignatura: Evaluación de Proyectos y Servicios Públicos del Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos. Universidad de Cantabria).
- SANTOS y GANGES, L., (-), *Ferrocarril y forma urbana. Los casos de Burgos, Palencia y Valladolid.* (Comisiones Obreras, Federación de Comunicación y Transporte de Castilla y León)
- Ayuntamiento de Palencia (-), *PLAN GENERAL DE ORDENACIÓN URBANA DE PALENCIA.*

8 ANEXOS

8.1 ANEXO 1. FOTOGRAFÍAS

- Tres pasos.

- Avenida Santander, peatones.

- Avenida Santander, vehículos:

- Pasadizo de la Junta de Castilla y León.

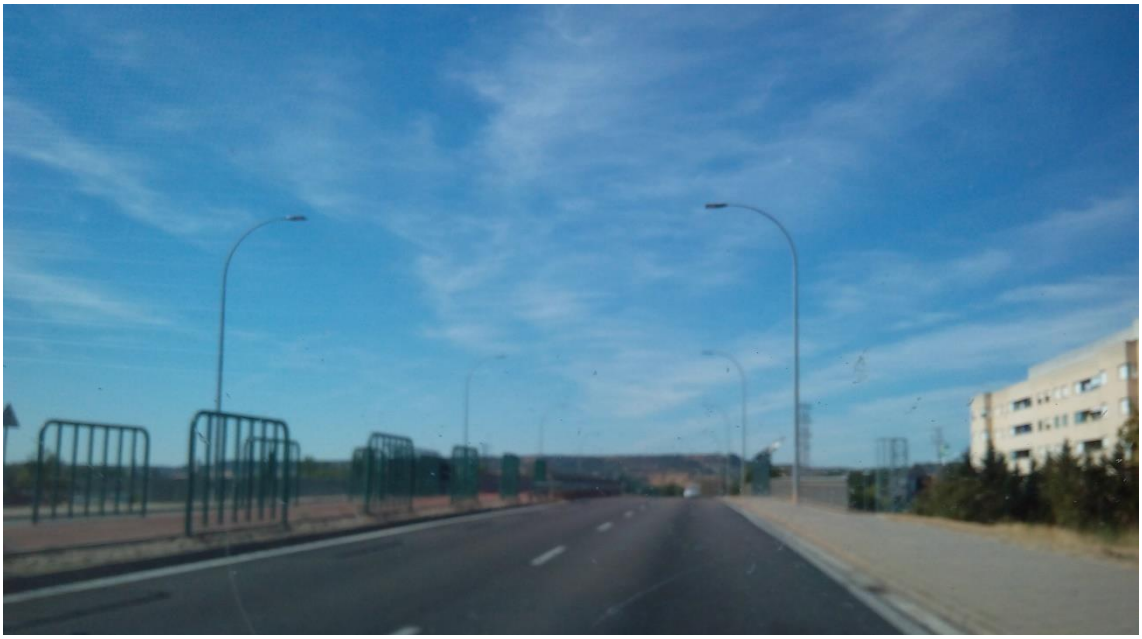
- Pasadizo y pasarela de Villalobón.

- Pasadizo de las Angelinas.

- Pasarela de la Huerta Guadian.

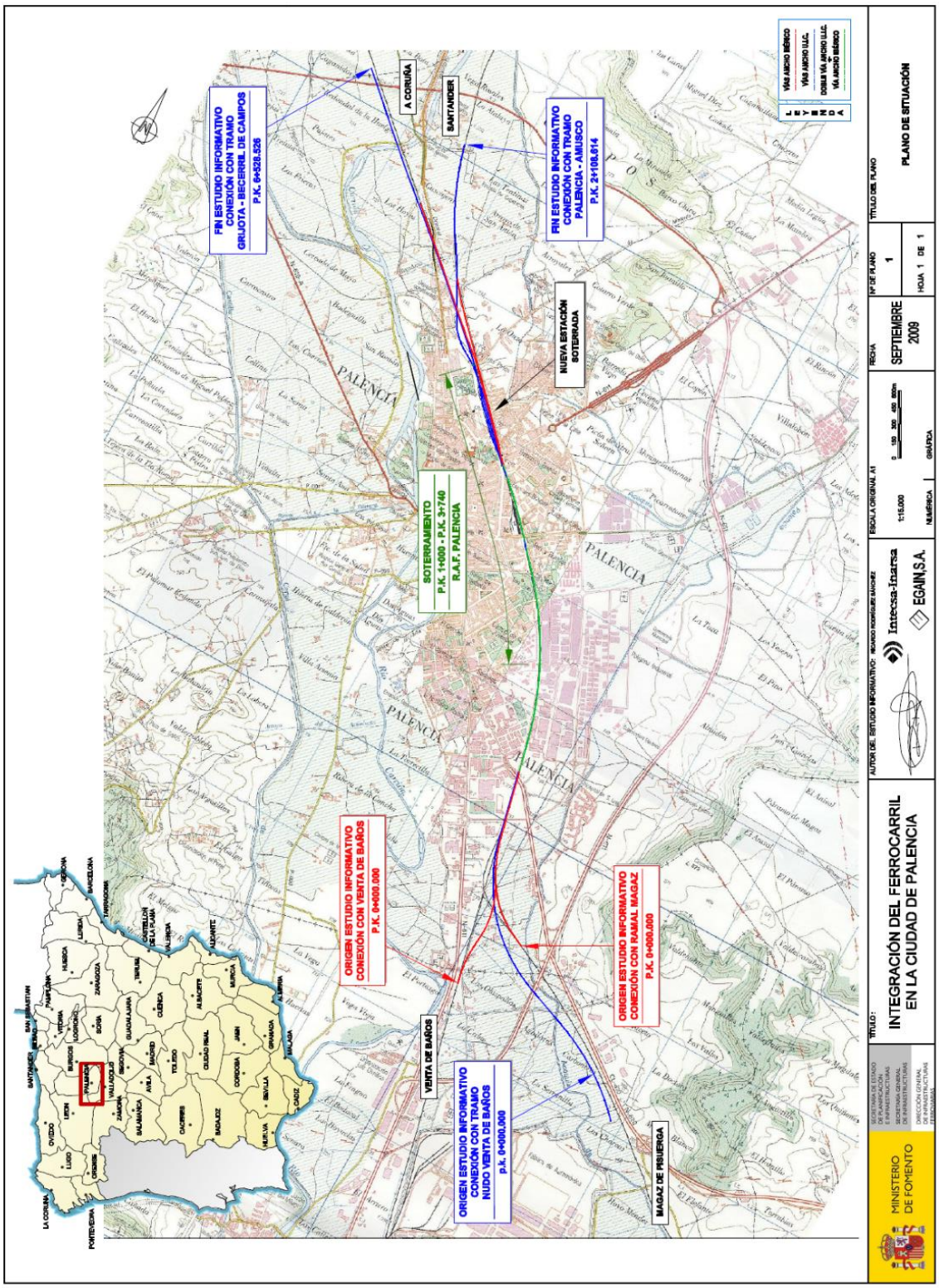
- Pasarela de Cardenal Cisneros.

- Pasarela del vial.

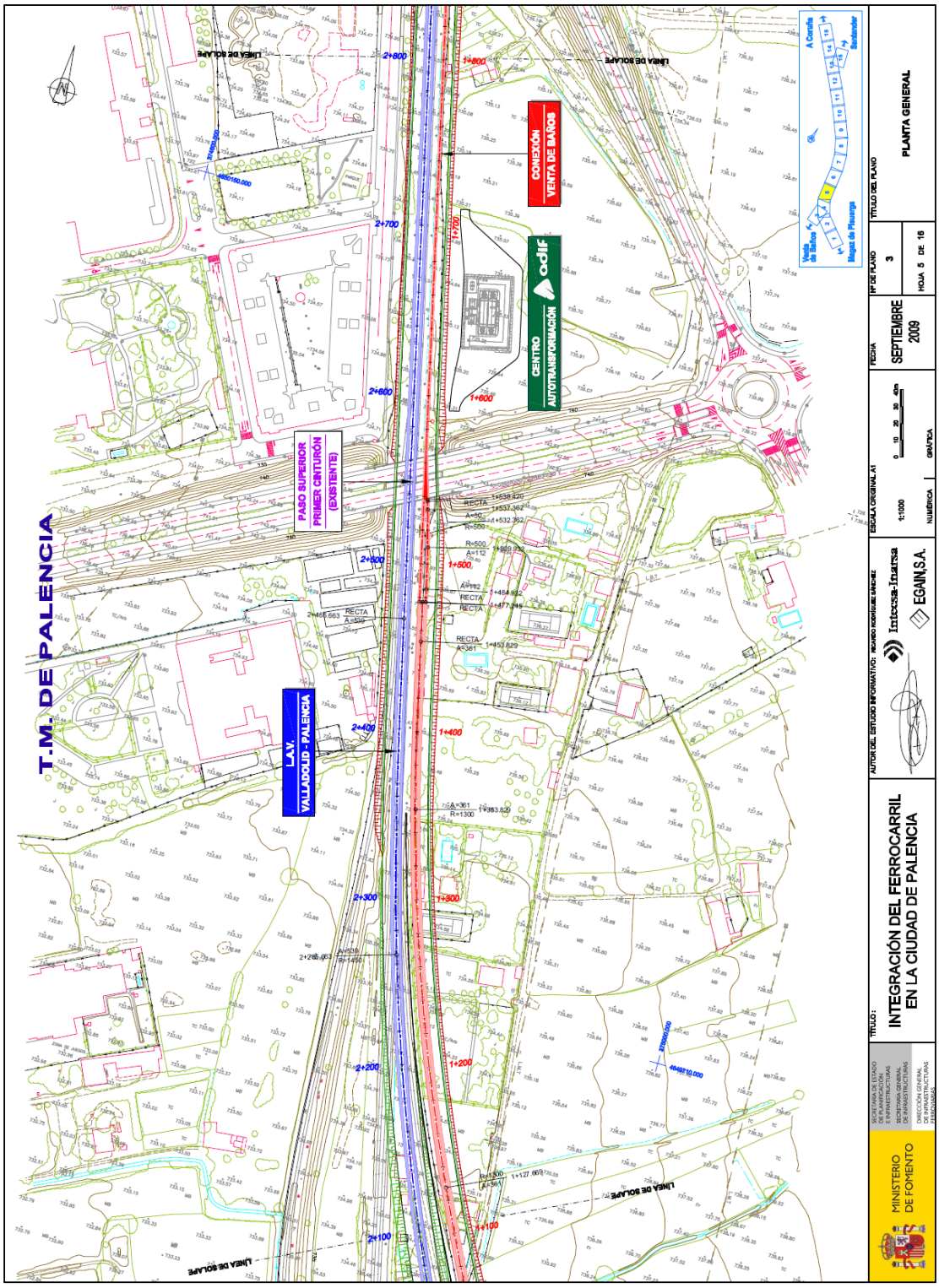


8.2 ANEXO 2. PLANOS SOBRE LA ACTUACIÓN DEL SOTERRAMIENTO.

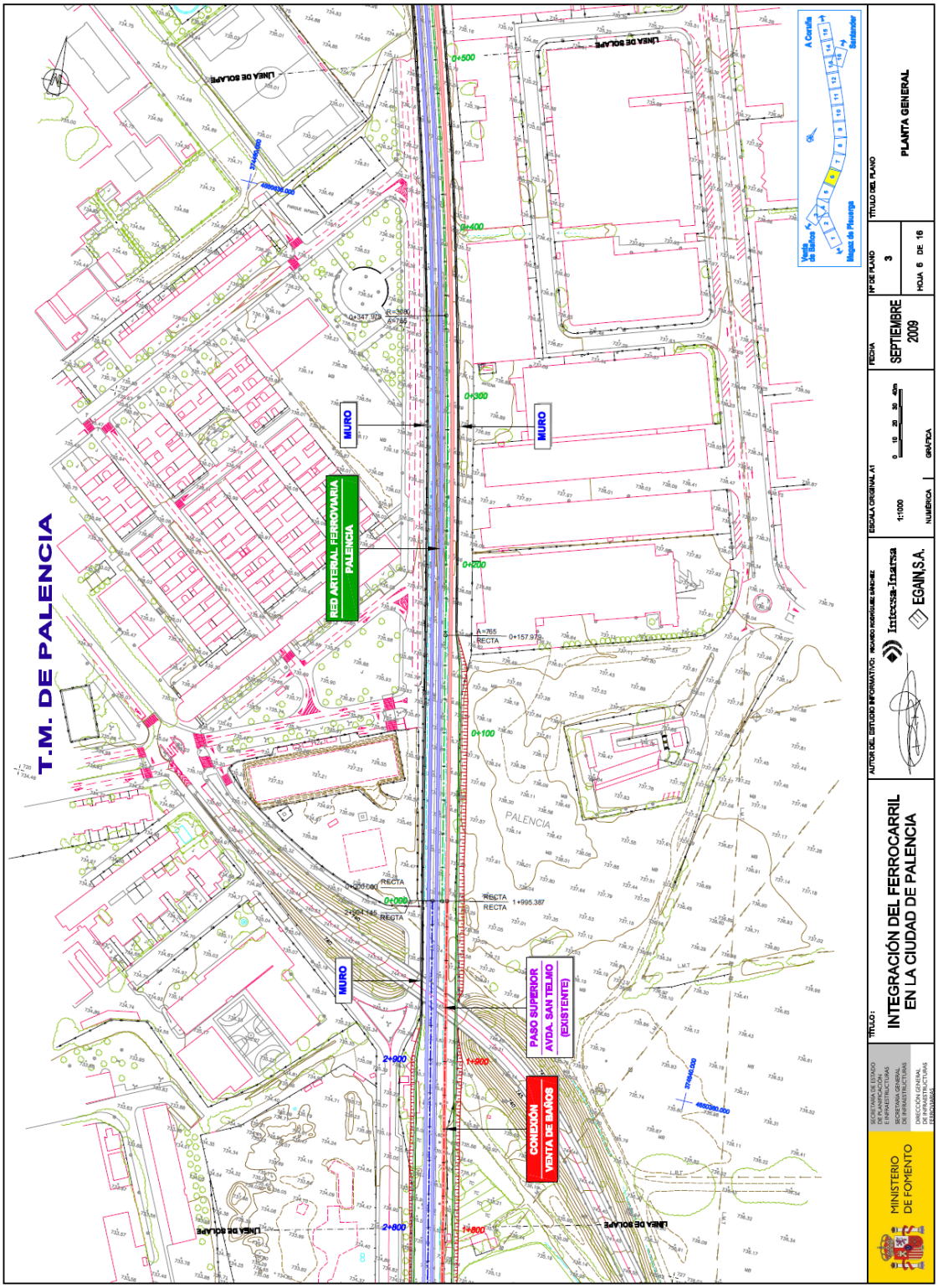
- Plano de situación.



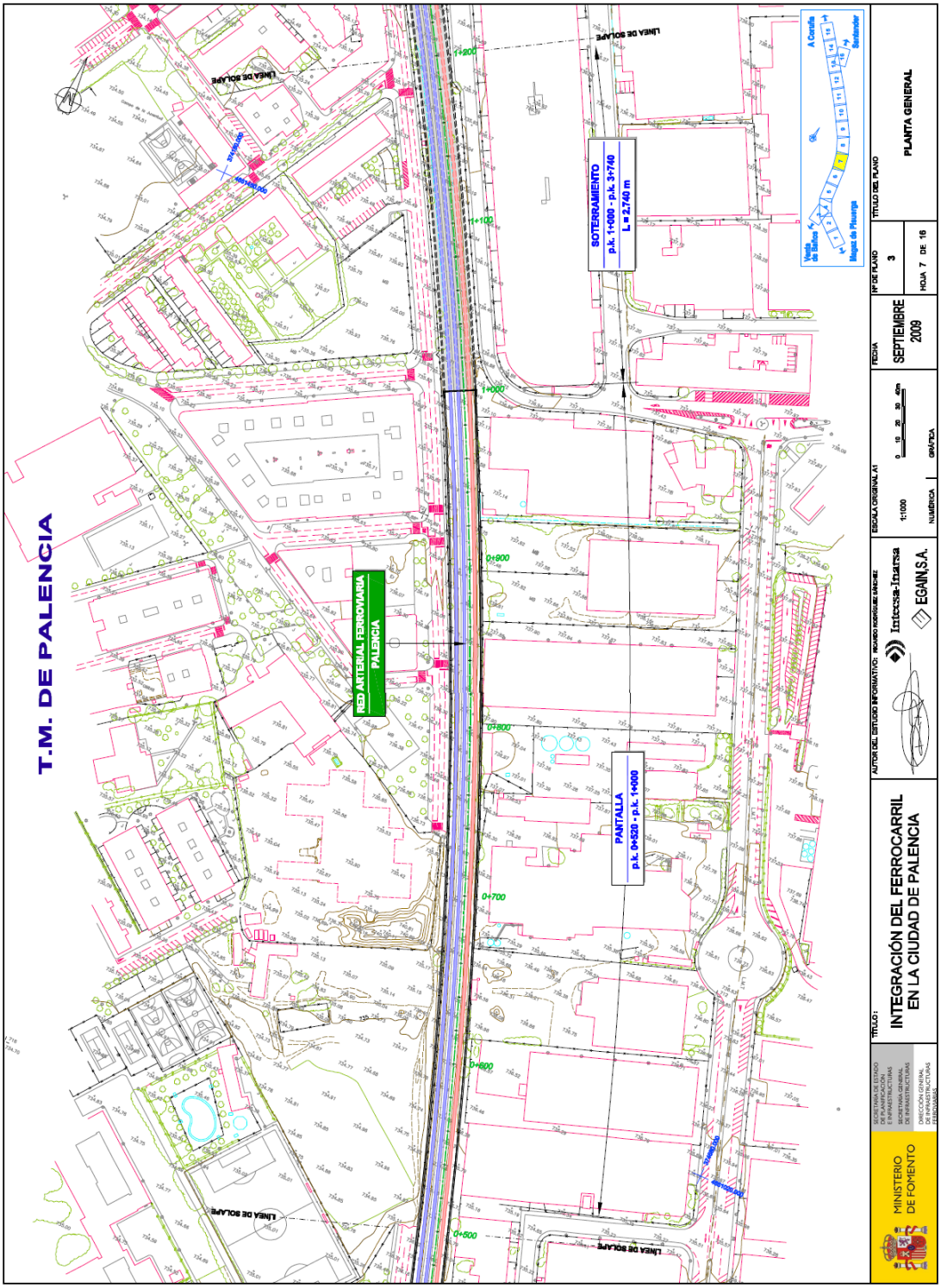
- Plano en planta. Plano 1 (zona sur de la ciudad de Palencia).



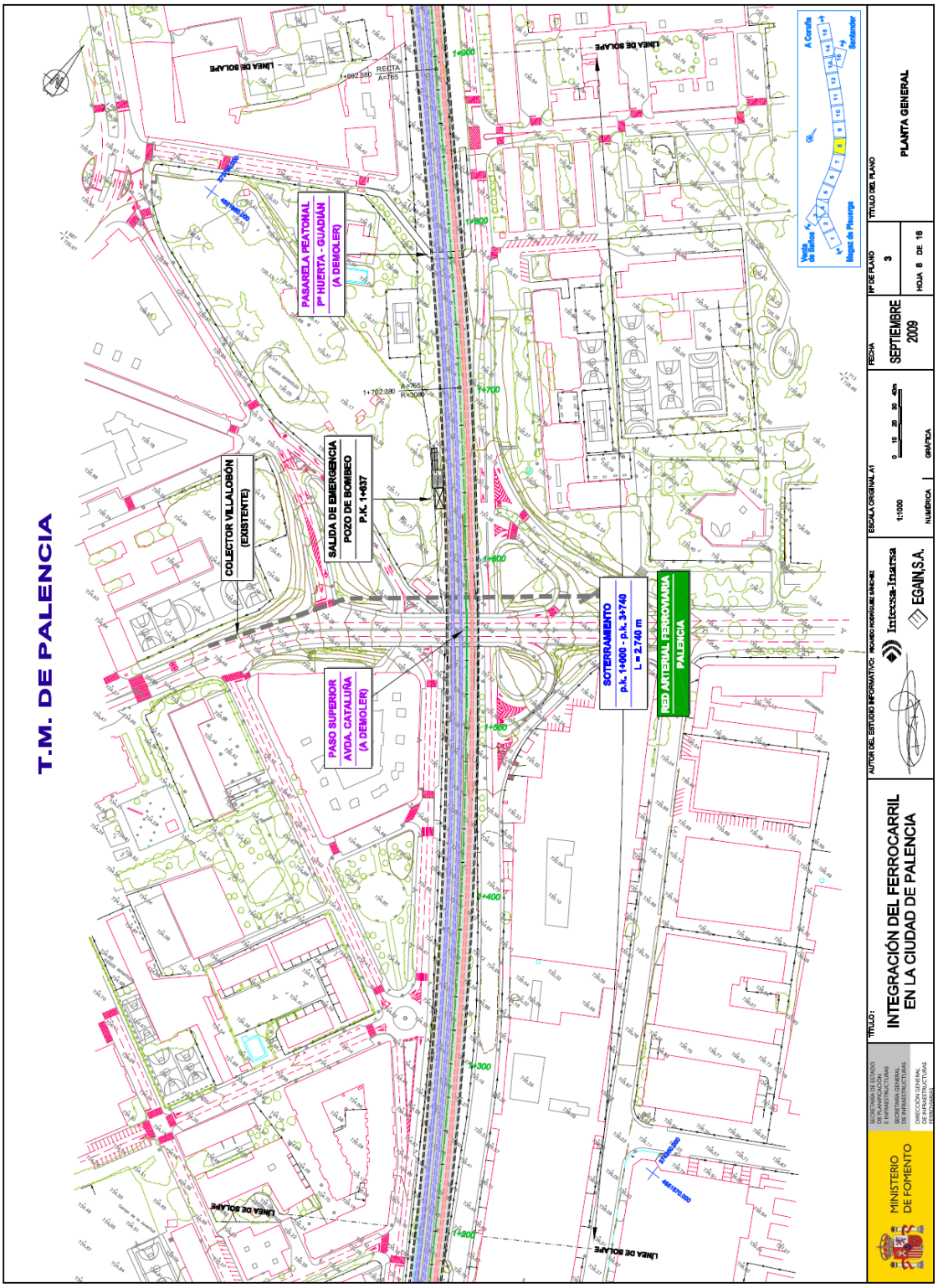
- Plano en planta. Plano 2 (comienzo de la rampa de bajada de las vías)



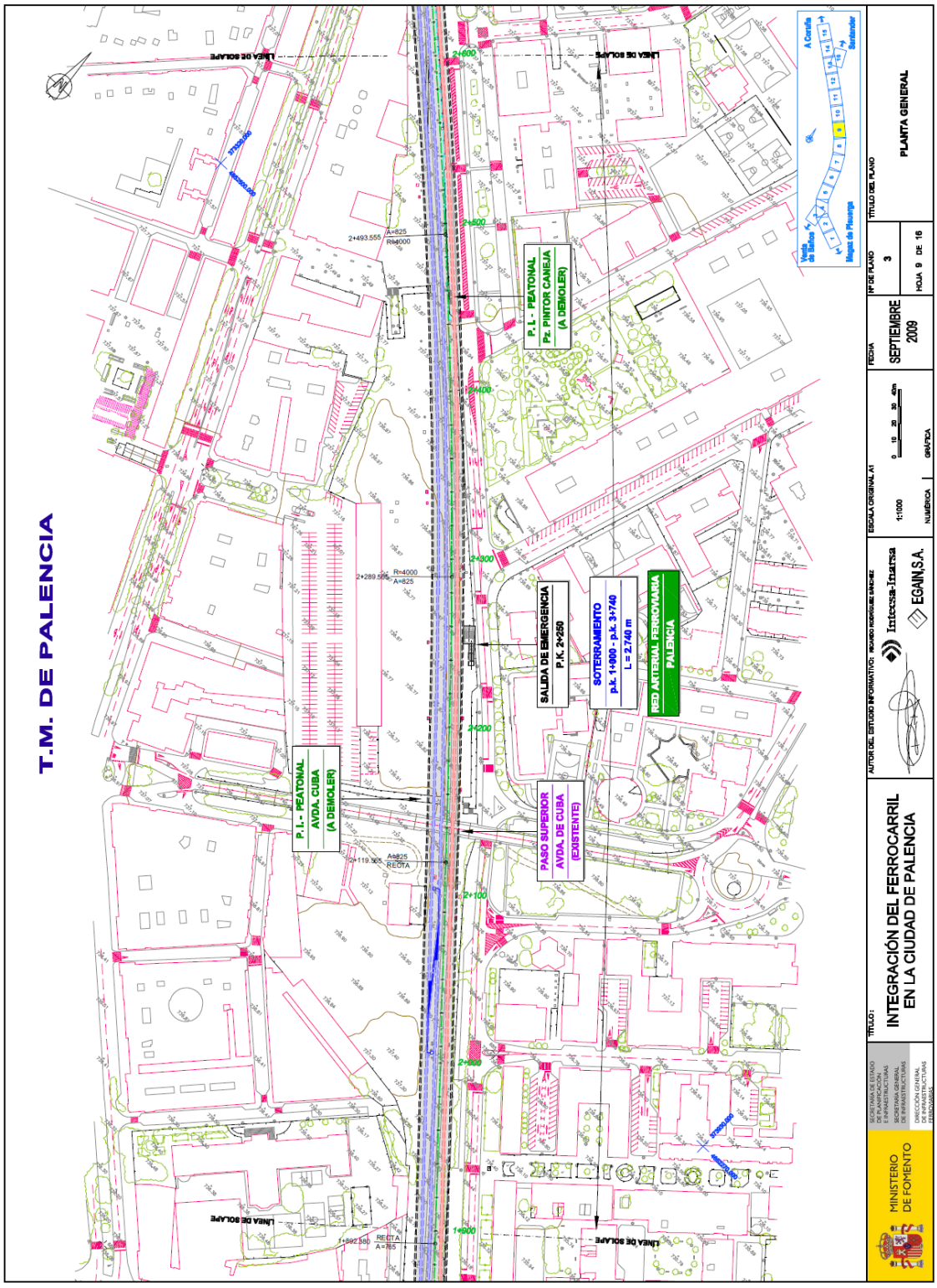
- Plano en planta. Plano 3 (comienzo del soterramiento).



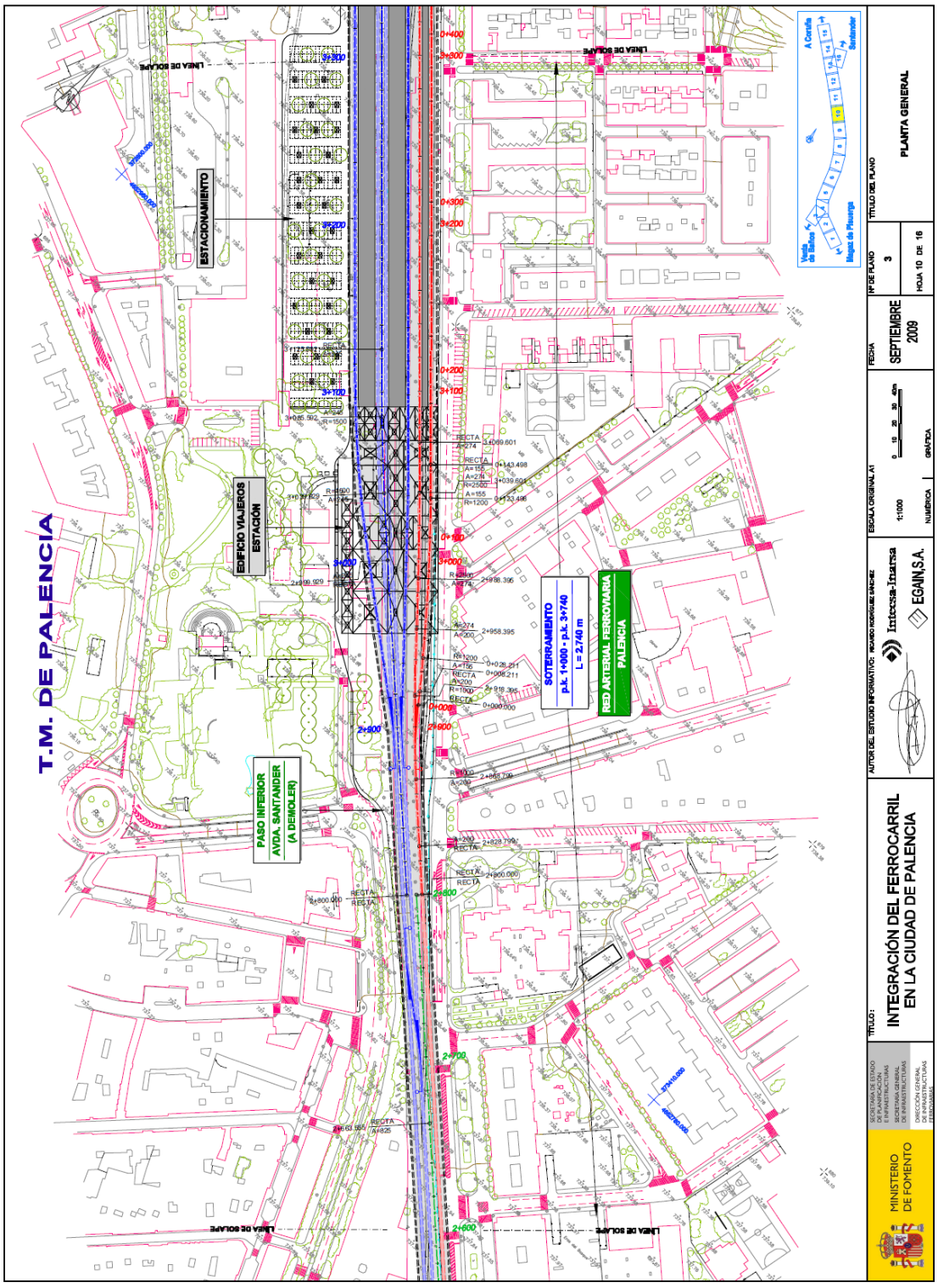
- Plano en planta. Plano 4 (trazado completamente soterrado).



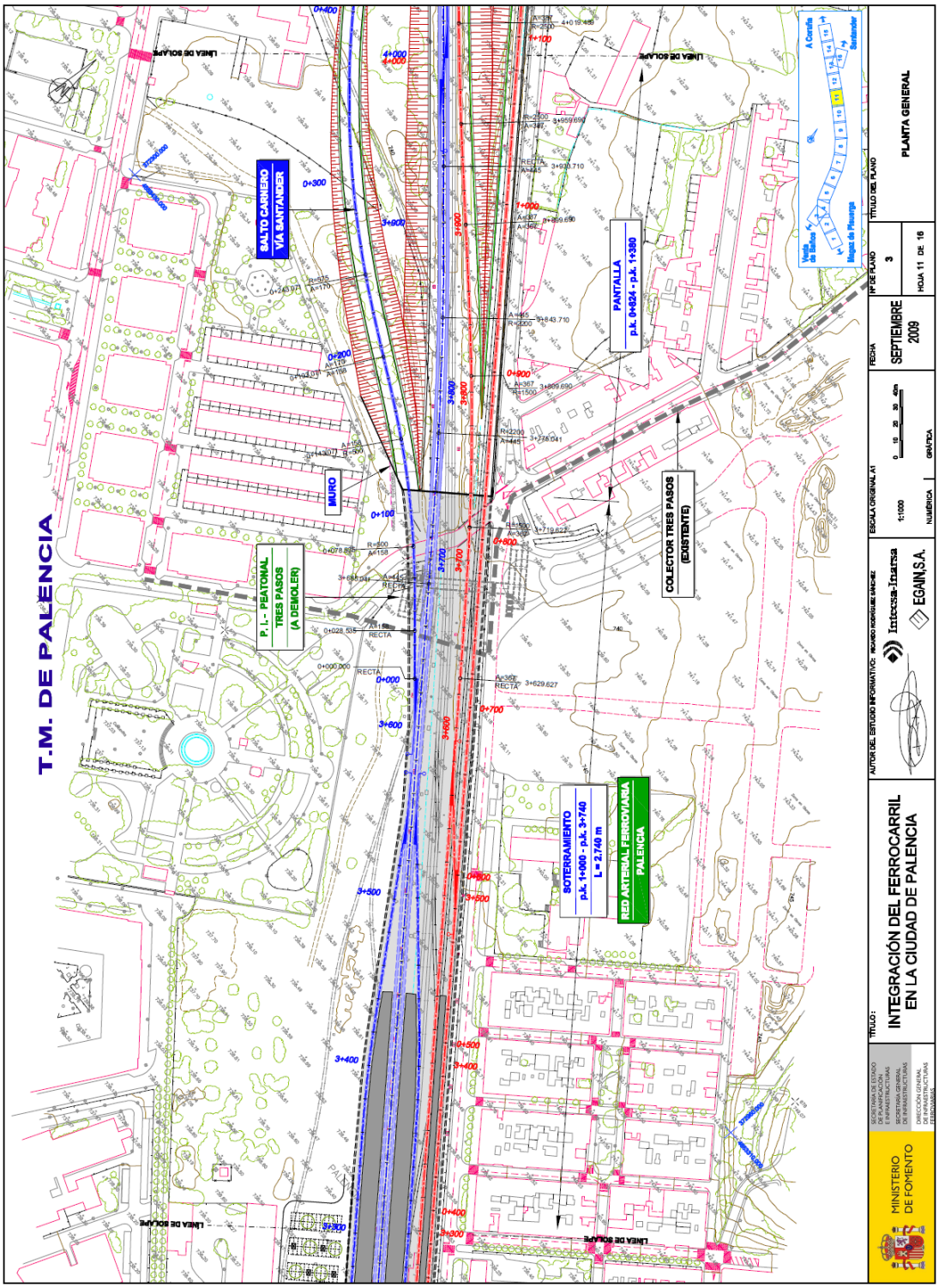
- Plano en planta. Plano 5 (trazado completamente soterrado. Zona: centro de la ciudad).



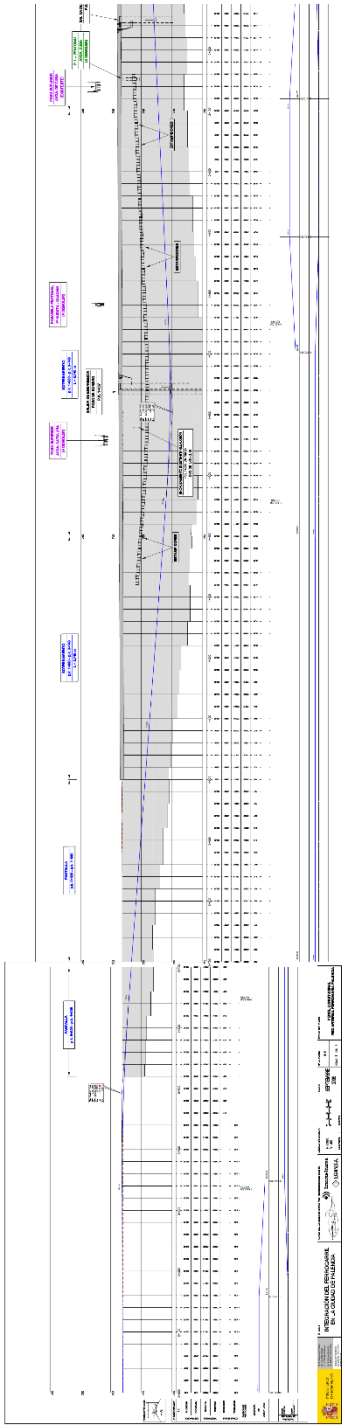
- Plano en planta. Plano 6 (trazado completamente soterrado. Zona: estación de tren).

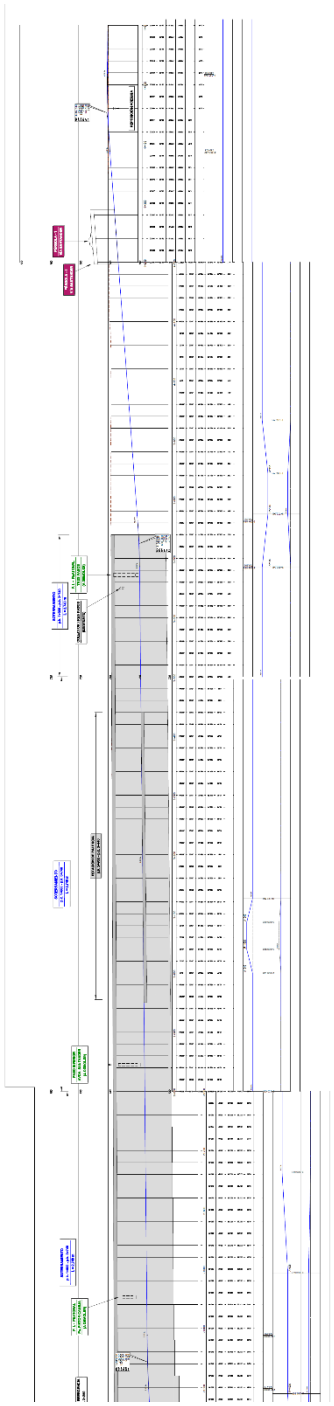


- Plano en planta. Plano 7 (comienzo de la rampa ascendente de las vías)



- Plano transversal. Sección transversal del soterramiento.





9 INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

9.1 ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1.- Viaducto de Marlantes, línea Santander a Alar del Rey (fuente:Wikipedia) 16

Figura 2.- Mapa de 1861 de los ferrocarriles del norte (Fuente: Wikipedia). 17

Figura 3.- Mapa ferroviario de principios de 1870, unión de Palencia con Galicia (Fuente: Wikipedia). 17

Figura 4.- Planos de Palencia en 1911 y en la actualidad. (Fuente: Oficina de turismo de Palencia, más elaboración propia). 18

Figura 5.-Imagen de la solución de viaducto a nivel y su integración con la ciudad. (Fuente: José Luis Ordóñez (1994), "Operación urbanística para integrar el ferrocarril en la ciudad de Palencia"). 19

Figura 6.- Imagen de la traza en trinchera. (Fuente: MOPTMA (1993),"Propuesta para la integración urbana de la estructura ferroviaria en Palencia"). 19

Figura 7.- Panorámica de la ciudad y de las vías del tren. 21

Figura 8: Plano de la ciudad y sus respectivos pasos a nivel. 21

Figura 9.- Plano de ubicación y detalle de los pasos subterráneos. 22

Figura 10.-Foto en planta de la zona de los 3 pasos. 23

Figura 11-Ubicación del soterramiento de las vías. 23

Figura 12. Sección transversal del posible soterramiento de la ciudad. 24

Figura 13. Esquema de vías en la estación. 24

Figura 14.-Ubicación de las distintas secciones viarias. 25

Figura 15.- Sección 1 soterramiento. (Fuente: PGOU-2008). 26

Figura 16.- Sección 2 soterramiento. (Fuente: PGOU-2008). 26

Figura 17.- Sección 3 soterramiento. (Fuente: PGOU-2008). 26

Figura 18. Ubicación de los puntos simulados del estudio acústico. 30

Figura 19-Cálculo del IPC, Enero 2014-2015. (Fuente: Instituto Nacional de Estadística). 32

Figura 20- Cálculo del IPC, Enero 2015-2016. (Fuente: Instituto Nacional de Estadística). 33

Figura 21. Cálculo del IPC, Junio 2002-2016. (Fuente: Instituto Nacional de Estadística). 35

Figura 22. Ubicación de los puntos simulados del estudio acústico. 38

Figura 23.- Representación gráfica de la disminución de los dBs en el Punto 2. 42

Figura 24.- División de las zonas de estudio. 44

Figura 25. Gráfica de la evolución del predio de las viviendas en Castilla y León. 46

Figura 26.- Esquema de los indicadores. (Fuente: Elaboración propia). 49

Figura 27.-Función de probabilidad asignada a una distribución uniforme. (Fuente: Elaboración propia)..... 63

Figura 28.-Histograma de los 500 casos aleatorios del VAN. (Fuente: Elaboración propia). 64

Figura 29.-Histograma y curva de densidad. (Fuente: RStudio). 64

Figura 30.-Áreas de la curva de densidad. (Fuente: Elaboración propia)..... 65

Figura 31.-Gráfica de la probabilidad acumulada. (Fuente: Elaboración propia). 65

Figura 32.- Gráfica de la probabilidad acumulada y su línea de tendencia. 66

Figura 33.-Gráfico comparativo del VAN. (Fuente: Elaboración propia). 67

Figura 34.- Gráfico comparativo de la relación B/C. (Fuente: Elaboración propia). 67

Figura 35.-Gráfico comparativo del TIR (Fuente: Elaboración propia). 68

Figura 36.- Representación gráfica de los distintos valores del indicador VAN. (Fuente: Elaboración propia)..... 70

9.2 ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1.-Costes de las diferentes soluciones planteadas. (Fuente: Luis Santos y Ganges.) 19

Tabla 2-Resumen de los costes. (Fuente: Protocolo de colaboración entre M. de Fomento, M. Medio Ambiente, la Junta de CyL, el Ayuntamiento de Palencia y ADIF para la integración del ferrocarril en la ciudad de Palencia). 27

Tabla 3-Periodo de estudio en función del tipo de proyecto. (Fuente: Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projests, 2014) 31

Tabla 4. Resumen de los Beneficios y los Costes generados por el proyecto. 33

Tabla 5. Valores relacionados con el paso a nivel. 34

Tabla 6. Valor de los ahorros de tiempo, en tiempo de trabajos para pasajeros (Fuente: Ministerio de Fomento). 34

Tabla 7. Valor de los ahorros de tiempo, en tiempo de ocio para pasajeros (Fuente: Ministerio de Fomento). 35

Tabla 8.- Tabla resumen de los valores de accesibilidad. 36

Tabla 9.- Distribución de los porcentajes. 37

Tabla 10.- Cuantificación de los vehículos afectados 37

Tabla 11.- Cuantificación (€/día) de vehículos afectados. 37

Tabla 12.- Cuantificación de los peatones afectados. 37

Tabla 13.- Cuantificación (€/día) de los peatones afectados. 38

Tabla 14. Valores en dB en el punto 1. 39

Tabla 15. Valores en dB en el punto 2. 39

Tabla 16. Valores en dB en el punto 2. 39

Tabla 17. Valores de dBs después del soterramiento en el punto 1, punto 2 y punto 3. 40

Tabla 18. Valores monetarios por cambio de dB y por hogar. 41

Tabla 19. Variación de los decibelios en cada uno de los puntos. 41

Tabla 20. Valores monetarios por cambio de dB y por hogar (reducida)..... 43

Tabla 21. Valores monetarios por cambio de dB y por hogar (reducida)..... 43

Tabla 22.- Tabla resumen de la repercusión económica de los Puntos 1 y 3. . 44

Tabla 23. Número de viviendas en cada zona y el ahorro del ruido calculado. 44

Tabla 24. Evolución del precio a lo largo del último año, dependiendo del tipo de viviendas. 46

Tabla 25.- Distribución de los costes de soterramiento a lo largo del periodo de construcción. (Fuente: Elaboración propia). 47

Tabla 26. Coste de cada uno de los estudios realizados..... 48

Tabla 27.-Resumen parámetros Escenario 1. 50

Tabla 28.- Resumen parámetros Escenario 2. 52

Tabla 29.- Resumen parámetros Escenario 3. 53

Tabla 30.- Resumen parámetros Escenario 4. 54

Tabla 31.- Resumen parámetros Escenario 5. 56

Tabla 32.- Resumen parámetros Escenario 6. 57

Tabla 33.- Variación del VAN en el Análisis de sensibilidad. (Fuente: Elaboración propia). 59

Tabla 34.- Modificación de la variable nº de trenes. (Fuente: Elaboración propia). 60

Tabla 35.- Modificación de la variable nº de vehículos afectados. (Fuente: Elaboración propia). 60

Tabla 36.-.- Modificación de la variable nº de pasajeros por vehículo. 61

Tabla 37.- Modificación de la variable nº de peatones afectados. 61

Tabla 38.- Modificación de la variable altura media de los edificios a construir. 61