



*Escuela Técnica Superior de Ingenieros de  
Caminos, Canales y Puertos.*

*UNIVERSIDAD DE CANTABRIA*



# **Estudio de viabilidad económica de la construcción de un puente sobre la bahía de Santander**

Trabajo realizado por:

*Nuria Hernández Cruzent*

Dirigido:

*Saúl Torres Ortega*

*Pedro Díaz Simal*

Titulación:

**Grado en Ingeniería Civil**

Santander, Diciembre de 2016

**TRABAJO FINAL DE GRADO**

# ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA DE LA CONSTRUCCIÓN DE UN PUENTE SOBRE LA BAHÍA DE SANTANDER

**Autor** Nuria Hernández Cruixent

**Directores** Saúl Torres Ortega y Pedro Díaz Simal

**Convocatoria** Diciembre 2016

**Palabras Clave** Estudio de viabilidad económica, Puente y Análisis Coste-Beneficio.

El presente estudio de viabilidad del puente sobre la bahía de Santander nace como consecuencia del interés por indagar, en términos económicos, en una posible construcción, probablemente, de las más polémicas que se han llevado a cabo en esta Comunidad Autónoma.

Durante años se ha hablado de la posible construcción de este puente de conexión entre el municipio de Santander con la zona este de dicha bahía, es decir, con los municipios de Marina de Cudeyo y Medio Cudeyo, entre otros.

La bahía de Santander está situada en Cantabria y es el mayor estuario de la costa norte de España. Debido a la influencia de Santander y su área metropolitana, a su alrededor se concentra casi la mitad de la población de la región, por lo que la presión antrópica sobre esta lámina de agua es elevada.

En primer lugar, se hará un breve repaso de algunos de los grandes puentes construidos en el mundo, así como los elementos y la diferente tipología de puentes existentes. Esto es una tarea necesaria para poder adoptar la mejor opción ya sea en cuanto a tipología, material, luces, etc según las características que se disponen.

En segundo lugar, se analizarán las diferentes posibilidades de la conexión entre ambas áreas, Este y Oeste, de la bahía, con sus características y sus costes. Cada alternativa será analizada económicamente, para así valorar la viabilidad del futuro proyecto.

En tercer lugar, se realizará un análisis coste-beneficio para analizar los efectos del posible puente, principalmente analizando la reducción en el tiempo de transporte para evitar la pérdida de tiempo y combustible que supone rodear toda la bahía a través de la Ca-141 y la S-10, llevando consigo una pequeña reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Esto podría llevar a un posible crecimiento económico en el ámbito empresarial, industrial y turístico en ambas zonas costeras debido a las mejoras de las conexiones con la ciudad.

Todos estos objetivos juntos hacen que tome peso el planteamiento de una conexión más directa con la ciudad, ya que con ella se sopesan todos los problemas y se cumplen los objetivos anteriormente redactados.

Actualmente, la conexión entre ambos lados de dicha bahía se puede realizar de dos formas: una de ellas mediante transporte marítimo (esta opción se puede considerar válida para un número determinado de veces, pero no como alternativa de transporte para el día a día) y otra opción es por carretera. Esta carretera, que supone uno de los principales accesos a la ciudad de Santander, es la denominada S-10. La S-10 junto con la Ca-141 (carretera regional o primaria) constituyen la posibilidad más rápida de llegada entre ambas costas.

Se plantearán diversas opciones de trazado del puente. En concreto, se ha realizado el estudio de cuatro opciones que se han considerado las mejores. Estas alternativas serán: explanada de Gamazo – Pedreña, Avda. Reina Victoria – Pedreña, Calle Antonio López (Santander) – Pedreña y por último Puerto de Raos – Elechas.

Se estudiará el análisis económico del que se ha hecho uso para la elaboración del proyecto. En este caso se ha elegido la opción del análisis coste-beneficio, más comúnmente conocido como ACB por su abreviación. Es una herramienta financiera de alta efectividad que mide la relación entre los costes y los beneficios asociados a un proyecto de inversión con el objetivo de evaluar su rentabilidad. Llegados a esta comparación, el proyecto se deberá llevar a cabo cuando la relación entre costes y beneficios sea menos que 1, o en unas palabras más claras, cuando los beneficios superen a los costes totales. Este será el criterio final para la aceptación o el rechazo de un proyecto de una infraestructura para el futuro. Así, en este caso particular, en la construcción de un puente sobre la bahía de Santander será rentable o no a partir de lo que parece una simple división.

Se establecerán y definirán parámetros como el horizonte temporal, la tasa de descuento o el año de referencia. De esta misma forma se explicarán y monetizarán impactos tales como el ahorro de tiempo, el ahorro de combustible, la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> o el crecimiento del turismo. Como indicador final se ha seleccionado el valor actual neto (VAN) que consiste en un método con el que se calculará el valor presente para unos flujos económicos de años venideros.

Tras el trabajo realizado en Excel que incluirá los costes de construcción, proyecto, asistencia técnica a la Dirección de obra, mantenimiento y operación; así como los ingresos por ahorro de tiempo, combustible, ambiental, reducción de atascos y accidentes y el establecimiento de un peaje se arrojan los siguientes resultados para las distintas alternativas.



**Figura 1. Resumen de las alternativas**

Se obtiene un VAN negativo en cualquiera de las alternativas, por lo tanto, no hay rentabilidad sea cual sea el caso. En otras palabras, no se recogería ningún beneficio. Por esta razón se llega a la conclusión de que no merece la pena llevar a cabo este proyecto.

Para no perder dinero y que fuera rentable se debería elevar demasiado el valor de los peajes, llegando incluso a valores de hasta 230€.

# ECONOMIC FEASIBILITY STUDY OF BUILDING A BRIDGE OVER THE BAY OF SANTANDER

**Author** Nuria Hernández Cruzent

**Directors** Saúl Torres Ortega y Pedro Díaz Simal

**Date** December 2016

**Key Words** Economic feasibility study, Bridge y Cost- benefit analysis.

This feasibility study of the bridge over the bay of Santander was born as a result of interest in investigating, in economic terms, in a possible construction; probably the most controversial that have taken place in this region.

For years it has discussed the possible construction of this connecting bridge between the municipality of Santander to the east of the bay, ie the municipalities of Marina de Cudeyo and Medio Cudeyo, among others.

The bay of Santander is located in Cantabria and the largest estuary in the north coast of Spain. Due to the influence of Santander and its metropolitan area, where is concentrated around almost half of the population of the region, the anthropic pressure on this sheet of water is high.

Firstly, it will be done a brief review of some of the great bridges built in the world and the elements and the different types of existing bridges. This is a necessary task to take the best option either in terms of typology, materials, lights, etc. depending on the features that are available.

After that, it will analyze the different possibilities of connection between the two areas, east and west of the bay, with their characteristics and costs. Each alternative will be studied economically in order to assess the viability of the future project.

Finally, a cost-benefit analysis will be performed to assess the possible effects of the bridge, mainly by analyzing the reduction in transport time to avoid wasting time and fuel because of surrounding the bay through the Ca-141 and the S-10, leading to a small reduction in CO<sub>2</sub> emissions. This could induce to a possible economic growth in the business, industrial and tourism sector in both coastal areas due to improved connections with the city.

All these goals together make stronger the approach of a more direct connection to the city. This permits to make a balance with all the problems and check previously the written objectives are fulfilled.

Nowadays, the connection between both sides of this bay can be done in two ways: one of them by maritime transport (this option can be considered valid for a certain number of times, but not as a daily alternative transport) another option is by highway.

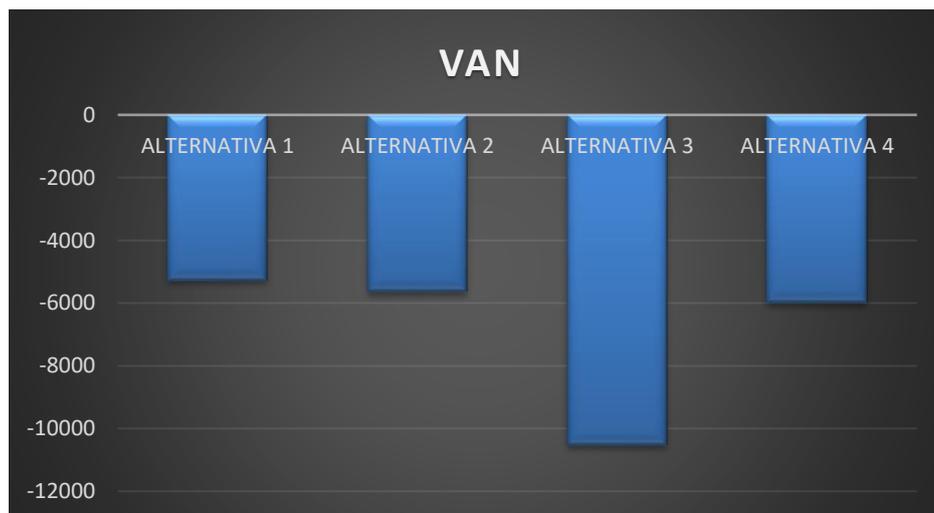
This highway, which is one of the main entrances to the city of Santander, is called S-10. The S-10 along with the Ca-141 (regional or primary road) are the fastest possible arrival between both coasts.

Some bridge layout options will be proposed. Specifically, it has been carried out the study about four different options that have been considered the best ones. These alternatives are: Gamazo’s esplanade - Pedreña, Reina Victoria Av - Pedreña, Antonio López Street (Santander) - Pedreña and finally Puerto de Raos - Elechas.

The economic analysis used for the development of the project will be studied. In this case, the chose option for the analysis has been the cost-benefit analysis, also known as CBA. It is a highly effective financial tool that measures the relationship between the costs and benefits associated with an investment project in order to assess their profitability. Given this comparison, the project should be carried out when the relationship between costs and benefits is lower than 1, or in other words, when the benefits get over the total costs. This will be the final criterion to accept or refuse a future investment project. Thus, in this particular case, the construction of a bridge over the bay of Santander will be profitable or not from what looks a simple division.

It will establish and define parameters such as the time horizon, the discount rate or the reference year. In the same way, it will explain and monetize some impacts for instance saving time, fuel, the reduction of CO2 emissions or the tourism growth. It has been selected as a final indicator net present value (NPV). This method permits to calculate the present value for economic flows of the coming years.

After the work done in Excel including construction costs, project, technical assistance to construction management, maintenance and operation; as well as income due to saving time, fuel, environmental, reduced congestion and accidents and the establishment of a toll thrown the following results for the different alternatives.



**Figure 2. Summary of options.**

A negative NPV is obtained in any of the alternatives, there is no return whatever the case. In other words, no benefits will not collect. For this reason, it is concluded that it is not worth carrying out this project.

It should raise the tolls value to avoid losing money and be profitable, reaching values higher than 230€.

## Tabla de contenido

Índice de figuras .....	12
1 Introducción .....	14
1.1 Objetivos .....	15
2 Puentes en el mundo .....	17
2.1 Golden Gate.....	17
2.2 Puente de Brooklyn.....	17
2.3 Puente 25 de Abril (Lisboa).....	19
2.4 Puente V Centenario (Sevilla) .....	20
2.5 Puente de la Constitución de 1812 (Cádiz) .....	20
3 Elementos y tipos de puentes .....	22
3.1 Introducción .....	22
3.2 Partes de un puente.....	23
3.3 Tipología de puentes.....	25
3.3.1 Según el material .....	25
3.3.1.1 De madera.....	25
3.3.1.2 Metálicos .....	25
3.3.1.3 De hormigón.....	26
3.3.2 Según el tablero sea fijo o móvil.....	27
3.3.2.1 Puentes móviles .....	27
3.3.2.1.1 Basculantes .....	27
3.3.2.1.2 Levadizos.....	28
3.3.2.1.3 Giratorios .....	28
3.3.2.1.4 De desplazamiento vertical .....	29
3.3.2.1.5 Deslizantes (retractable o de desplazamiento horizontal). 30	
3.3.2.1.6 Flotantes .....	31
4 Análisis coste-beneficio.....	32
4.1 Definición .....	32
4.2 Etapas.....	32
5 Caso de estudio .....	35

5.1	Introducción .....	35
5.2	Transportes.....	36
5.2.1	Viario y ferroviario .....	36
5.2.2	Marítimo.....	36
5.3	Carreteras de acceso a Santander.....	37
5.3.1	S-20.....	37
5.3.2	S-30.....	37
5.3.3	S-10.....	37
5.4	Alternativas .....	38
5.4.1	Alternativa 1.....	38
5.4.2	Alternativa 2.....	39
5.4.3	Alternativa 3.....	40
5.4.4	Alternativa 4.....	41
6	Metodología .....	43
6.1	Ahorro de tiempo.....	44
6.1.1	Vehículos ligeros.....	44
6.1.1.1	Ahorro en tiempo de trabajo. ....	45
6.1.1.2	Ahorro en tiempo de ocio.....	45
6.1.1.2.1	Commuter corta distancia .....	46
6.1.1.2.2	Commuter larga distancia .....	46
6.1.1.2.3	Otro corta distancia .....	47
6.1.1.2.4	Otro larga distancia .....	47
6.1.1.2.5	Media corta distancia .....	47
6.1.1.2.6	Media larga distancia .....	47
6.1.2	Vehículos pesados.....	47
6.1.2.1	Ahorro en tiempo (€/h*ton/usuario/trayecto). ....	48
6.2	Ahorro de combustible (€/usuario/trayecto).....	50
6.2.1	Turismos.....	50
6.2.2	Vehículos pesados.....	50
6.3	Emisiones CO <sub>2</sub> (ton).....	50
6.3.1	Turismos.....	51

6.3.1.1	Ahorro consumo combustible anual/usuario/trayecto.....	51
6.3.1.2	Emissiones anuales de CO <sub>2</sub> (ton).....	51
6.3.1.3	Emissiones anuales de CO <sub>2</sub> (€).....	51
6.3.2	Vehículos pesados.....	52
6.3.2.1	Ahorro consumo combustible anual/usuario/trayecto.....	52
6.3.2.2	Emissiones anuales de CO <sub>2</sub> .....	52
6.3.2.3	Emissiones anuales de CO <sub>2</sub> (€).....	52
6.4	Precios de construcción .....	52
6.5	Beneficios .....	54
6.5.1	Ingresos.....	54
6.5.1.1	Ahorro de tiempo.....	54
6.5.1.2	Ahorro de tiempo turismo verano.....	55
6.5.1.3	Ahorro de combustible.....	55
6.5.1.4	Ahorro ambiental .....	55
6.5.1.5	Reducción de atascos en la S-10 .....	57
6.5.1.5.1	Opción 1 (Gráfica Intensidad-Velocidad).....	57
6.5.1.5.2	Opción 2 (Gráfica variación horaria).....	60
6.5.1.5.3	Opción 3 (GOOGLE MAPS - TRÁFICO) .....	61
6.5.1.5.4	Resumen .....	63
6.5.1.6	Reducción de accidentes.....	63
6.5.1.7	Peajes .....	64
6.5.2	Gastos .....	64
7	Resultados .....	66
7.1	Alternativa 1 .....	66
7.2	Alternativa 2 .....	66
7.3	Alternativa 3 .....	67
7.4	Alternativa 4 .....	67
7.5	Resumen costes de construcción.....	67
7.6	Análisis comparativo .....	68
7.6.1	Parámetros básicos .....	69
8	Conclusiones .....	74



TRABAJO FIN DE GRADO  
“Estudio de viabilidad económica de la construcción de un puente sobre la  
bahía de Santander”  
Nuria Hernández Cruzent



9 Bibliografía..... 76

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Resumen de las alternativas.....	4
Figura 2. Distribución lineal de una ciudad. ....	15
Figura 3. Distribución radial de una ciudad.....	15
Figura 4. Resumen de los problemas y objetivos .....	16
Figura 5. Estructura Golden Gate.....	17
Figura 6. Puente de Brooklyn.....	18
Figura 7. Pasarela a nivel superior para peatones y bicicletas. ....	19
Figura 8. Puente 25 de Abril (Lisboa).....	19
Figura 9. Puente V Centenario (Sevilla).....	20
Figura 10. Puente de la Constitución de 1812 (Cádiz).....	21
Figura 11. Comparativa entre los tres puentes de mayor luz de España. Puente de la Constitución de 1812 (azul).....	21
Figura 12. Puente de madera en arco .....	22
Figura 13. Puente Juscelino Kubitschek (Brasil), material principal acero .....	22
Figura 14. Mantenimiento de un tablero .....	23
Figura 15. Elementos superestructura .....	24
Figura 16. Estribo .....	25
Figura 17. Pila .....	25
Figura 18. Puente basculante.....	27
Figura 19. Puente Diefenbrücke en Mannheim, Alemania .....	28
Figura 20. Puente de Erasmus en Rotterdam.....	28
Figura 21. Giro dos semivanos.....	29
Figura 22. Vano simétrico sobre pila .....	29
Figura 23. Puente de desplazamiento vertical .....	30
Figura 24. Calzada sobre rodillos del puente retractable de Uppsala .....	30
Figura 25. Puente flotante .....	31
Figura 26. Mapa municipios de Cantabria .....	35
Figura 27. Alternativa 1 .....	39
Figura 28. Alternativa 2 .....	40
Figura 29. Alternativa 3 .....	41
Figura 30. Alternativa 4 .....	41

Figura 31. Valor ahorros de tiempo en tiempo de trabajo en España para pasajeros.....	45
Figura 32. Valor ahorros de tiempo de ocio en España para pasajeros.....	46
Figura 33. Valor ahorros de tiempo en España para mercancías.....	48
Figura 34. Transporte por carretera de vehículos pesados españoles.....	49
Figura 35. Relación Velocidad-Intensidad .....	59
Figura 36. Distribución horaria %IMD .....	60
Figura 37. Tráfico trayecto Somo-UC (Google Maps) .....	62
Figura 38. Tiempos de trayecto sin y con atascos .....	62
Figura 39. Resumen ahorro en atascos.....	63
Figura 40. Resultados alternativa 1 .....	66
Figura 41. Resultados alternativa 2 .....	66
Figura 42. Resultados alternativa 3 .....	67
Figura 43. Resultados alternativa 4 .....	67
Figura 44. Resumen costes de construcción .....	68
Figura 45. Relación VAN – Tasa de descuento .....	70
Figura 46. Significado del VAN.....	71
Figura 47. Ecuación VAN .....	71
Figura 48. Tabla resultados VAN.....	72
Figura 49. Gráfica resultados VAN .....	72
Figura 50. Precios mínimos del peaje para VAN=0 .....	72

## 1 INTRODUCCIÓN

El presente estudio de viabilidad del puente sobre la bahía de Santander nace como consecuencia del interés por indagar, en términos económicos, en una posible construcción, probablemente, de las más polémicas que se han llevado a cabo en esta Comunidad Autónoma.

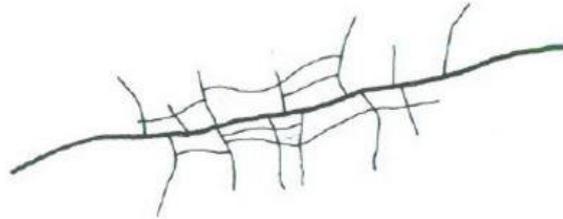
Durante años se ha hablado de la posible construcción de este puente de conexión entre el municipio de Santander con la zona este de dicha bahía, es decir, con los municipios de Marina de Cudeyo y Medio Cudeyo, entre otros. Hay opiniones de todo tipo: gente que piensa que sería una buena solución para la gente que se traslada todos los días desde esa zona y opiniones, por otro lado, de que no es nada factible.

La bahía de Santander está situada en Cantabria y es el mayor estuario de la costa norte de España. Debido a la influencia de Santander y su área metropolitana, a su alrededor se concentra casi la mitad de la población de la región, por lo que la presión antrópica sobre esta lámina de agua es elevada.

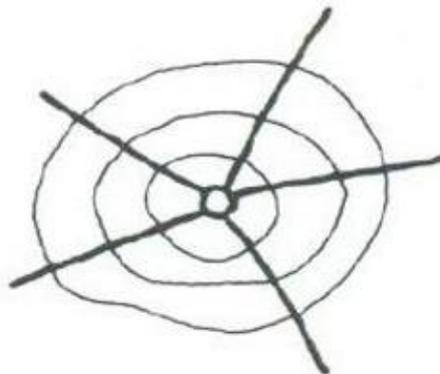
Actualmente, la conexión entre ambos lados de dicha bahía se puede realizar de dos formas: una de ellas mediante transporte marítimo (esta opción se puede considerar válida para un número determinado de veces, pero no como alternativa de transporte para el día a día) y otra opción es por carretera. Esta carretera, que supone uno de los principales accesos a la ciudad de Santander, es la denominada S-10. La S-10 junto con la Ca-141 (carretera regional o primaria) constituyen la posibilidad más rápida de llegada entre ambas costas.

Por otra parte, se ha hablado que la construcción de un puente que favorecería la cercanía entre ambas zonas pudiendo producirse un incremento en la actividad económica en ambas áreas de la bahía. Esto llevaría consigo un aumento en el número de viajes de un sitio a otro y provocaría un notable crecimiento en los pueblos cercanos, como Somo, Pedreña, Elechas, etc.

De esta manera, se cambiaría un poco la forma en la que se está expandiendo la ciudad de Santander, que, hasta el momento, es longitudinalmente, por ser la única dirección posible. El aumento de viviendas nos lleva hasta zonas como El Alisal y Corbán junto con el área de Nueva Montaña y Peñacastillo. Se podría comenzar un cambio en la estructura de la ciudad, de un tipo lineal a radial, intentando frenar el crecimiento de la distancia entre un extremo y otro de la ciudad.



**Figura 3. Distribución lineal de una ciudad.**



**Figura 4. Distribución radial de una ciudad.**

Otro posible aspecto a mejorar es la accesibilidad a las playas. Siendo éstas uno de los mayores atractivos de la capital cántabra, sobre todo durante el verano, la construcción de dicho puente, supondría un mejor acceso y una reducción del tiempo para llegar a ellas, ya que se evitaría todo el tráfico de la zona del centro suponiendo posibles retenciones.

Ahora bien, hay que realizarse una serie de preguntas para poder llegar a una valoración objetiva y fiable. ¿Es rentable su construcción?, ¿Cuánta gente lo usaría?, ¿Merece la pena su construcción frente al ahorro de tiempo y combustible que supondría?, ¿Sería necesario establecer algún tipo de peaje?

Todas estas preguntas son las que se intentan aclarar a lo largo del desarrollo del presente trabajo. Para ello se analizarán todas las variables que sea posible monetizar, en otras palabras, que se puedan traducir a dinero, ya sea en ingresos o en gastos.

## **1.1 OBJETIVOS**

Teniendo en cuenta lo explicado en el apartado anterior, los fines que se proponen conseguir serán los siguientes.

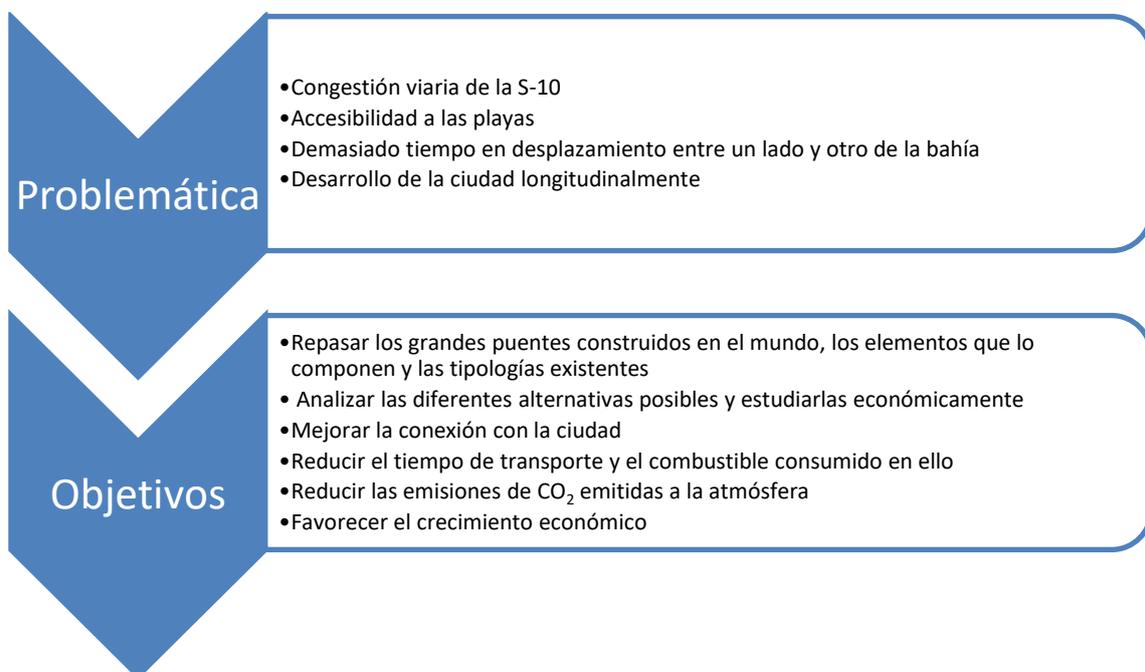
En primer lugar, se hará un breve repaso de algunos de los grandes puentes construidos en el mundo, así como los elementos y la diferente tipología de puentes existentes. Esto es una tarea necesaria para poder adoptar la mejor opción ya sea en cuanto a tipología, material, luces, etc según las características que se disponen.

En segundo lugar, se analizarán las diferentes posibilidades de la conexión entre ambas áreas, Este y Oeste, de la bahía, con sus características y sus costes. Cada alternativa será analizada económicamente, para así valorar la viabilidad del futuro proyecto.

En tercer lugar, se realizará un análisis coste-beneficio para analizar los efectos del posible puente, principalmente analizando la reducción en el tiempo de transporte para evitar la pérdida de tiempo y combustible que supone rodear toda la bahía a través de la Ca-141 y la S-10, llevando consigo una pequeña reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Esto podría llevar a un posible crecimiento económico en el ámbito empresarial, industrial y turístico en ambas zonas costeras debido a las mejoras de las conexiones con la ciudad.

Todos estos objetivos juntos hacen que tome peso el planteamiento de una conexión más directa con la ciudad, ya que con ella se sopesan todos los problemas y se cumplen los objetivos anteriormente redactados.

Para poder realizar este análisis, previamente se estudiará brevemente la metodología del análisis coste-beneficio para poder proceder a su aplicación.



**Figura 5. Resumen de los problemas y objetivos**

## 2 PUENTES EN EL MUNDO

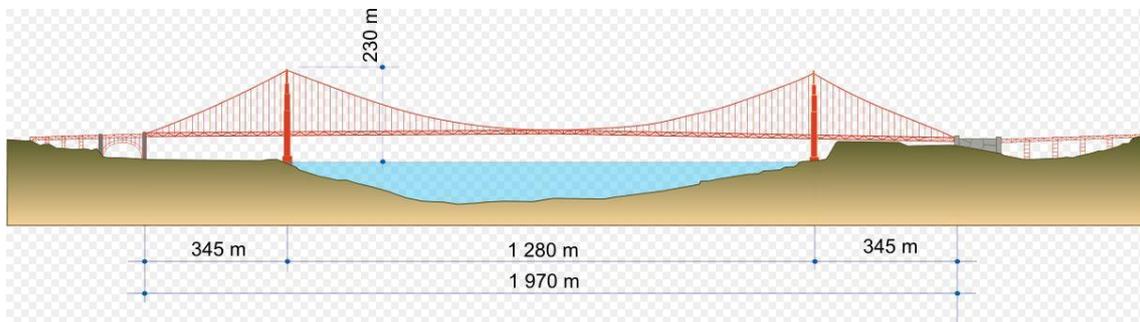
Puesto que el puente sobre la bahía de Santander sería un gran puente, hay que analizar y a tomar ciertas decisiones sobre la tipología de puente o los materiales que se usarán. Pero hay que realizar un trabajo previo que consiste en informarse sobre los distintos puentes similares que se vienen construyendo en el mundo a lo largo de la Historia. Esto, es lo que se desarrollará a continuación en este segundo apartado.

### 2.1 GOLDEN GATE

El Golden Gate es un puente colgante situado en California, Estados Unidos. Que une la península de San Francisco por el norte con el sur de Marín. Este puente es el puente más famoso de San Francisco a pesar de no ser el mayor en esta ciudad.

En la década posterior a la Primera Guerra Mundial el tráfico rodado en la región de la bahía de San Francisco se multiplicó por siete, de modo que el sistema de ferris fue incapaz de absorber ese crecimiento. Catalogado como puente colgante, construido entre 1933 y 1937, con una longitud aproximada de 1280 metros, está suspendido de dos torres de 227 metros de altura. Tiene una calzada de seis carriles y dispone de carriles protegidos accesibles para peatones y bicicletas. Bajo su estructura, deja 67 metros de altura para el paso de los barcos a través de la bahía.

Como se puede observar en la Figura 14 el puente consta de tres tramos, dos tramos de 345 metros de longitud y un vano mayor de 1280 metros.



**Figura 6. Estructura Golden Gate.**

El Golden Gate fue pintado con urgencia para evitar la rápida oxidación producida en el acero de su estructura por el Océano Pacífico.

El presupuesto de construcción en el momento de la aprobación fue de 27 millones USD, pero la obra del puente costó en realidad más de 35 millones USD que actualmente equivaldría a 1010.276 millones de €. (Wikipedia, 2016)

### 2.2 PUENTE DE BROOKLYN

El puente de Brooklyn une los distritos de Manhattan y de Brooklyn en la ciudad de Nueva York. Fue construido entre 1870 y 1883 y, en el momento de su inauguración, era el puente colgante más grande del mundo (mide 1825 metros de largo, y la luz

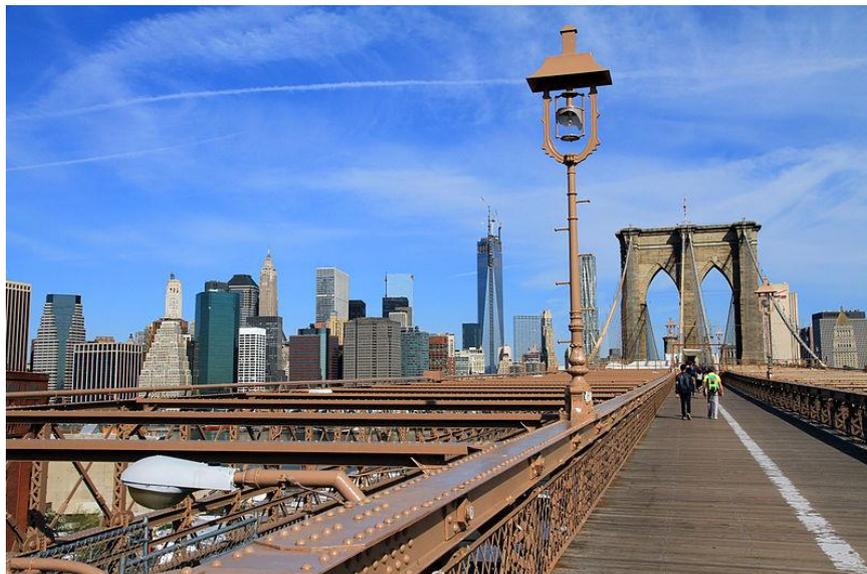
principal entre pilares es de 486.3 metros) hasta que en 1889 se construye el ForthBridge con una luz máxima de 521 m. Tiene un gálibo de navegación de 41 metros.



**Figura 7. Puente de Brooklyn.**

Fue el primero puente suspendido mediante cables de acero. Es un emblema de la ingeniería del siglo XIX por lo innovador que fue en aquel entonces el uso del acero como material constructivo a gran escala. En su construcción se gastaron 15.1 millones de dólares, que actualmente equivaldría a 3467.078 millones de €.

Además de acero, también se utilizaron otros materiales en su construcción como piedra caliza, granito y cemento. Actualmente, el puente dispone de seis carriles para vehículos (excepto camiones y autobuses) y de una pasarela a un nivel superior para el tráfico de bicicletas y peatones. (Wikipedia, 2016)



**Figura 8. Pasarela a nivel superior para peatones y  
bicicletas.**

### **2.3 PUENTE 25 DE ABRIL (LISBOA)**

El puente 25 de abril es un gran puente colgante de Portugal que atraviesa el estuario del río Tajo, en el área metropolitana de Lisboa. En la actualidad, dicho puente es considerado uno de los principales símbolos e iconos de la ciudad de Lisboa.

De aspecto imponente, la construcción de acero se extiende casi 2 km. La parte inferior fue recientemente renovada para albergar vías de tren. El tablero superior se reserva al tráfico de vehículos.

El 5 de noviembre de 1962 se inician las obras del puente y de sus accesos por carretera. La finalización de esta gran construcción será en el año 1966.

El puente está constituido por 14 vanos, teniendo una longitud total de 2277.64 metros. De entre ellos, destaca sin lugar a dudas el vano central. Su longitud es de 1013 metros. Esta elevado sobre el nivel del río Tajo una distancia de 70 metros. A ambos lados de este vano, se encuentran dos mástiles que se elevan 190 metros desde el nivel del agua. (Wikipedia, 2016)



**Figura 9. Puente 25 de Abril (Lisboa).**

El precio final de su construcción fue de 32 millones de dólares, que actualmente equivaldría a 2741.381 millones de €. Se planeó que las deudas del puente fueran saldadas en un periodo de 20 años y, entonces, estuviera libre de peaje, o en su defecto, de un peaje reducido. Sin embargo, el puente siempre ha requerido un peaje. Primero era en ambos sentidos y, desde 1993, solo en sentido norte.

En 2011, las tarifas, que se pagan solo en sentido norte (hacia Lisboa) eran las siguientes: clase 1: 1.45€; clase 2: 3.40€; clase 3: 4.85€; clase 4: 6.35€.

## **2.4 PUENTE V CENTENARIO (SEVILLA)**

El puente del V Centenario es un puente atirantado situado en Sevilla (Andalucía, España) que permite cruzar por la ronda de circunvalación SE-30 sobre la dársena del río Guadalquivir.

Es un puente atirantado de cinco vanos, siendo el vano mayor central de 265 metros. El tablero de 22 metros de anchura en la zona del puente -32 en los viaductos de acceso al mismo- está a una altura máxima de 45 metros sobre el Guadalquivir para no entorpecer el paso de barcos a la zona portuaria.



**Figura 10. Puente V Centenario (Sevilla).**

El periodo de construcción fue de dos años, entre 1990 y 1992. Dicho puente consta de dos carriles por sentido y uno reversible, mediana separadora de hormigón y dos pequeños arcones. El material que se utilizó fue hormigón armado.(Wikipedia, 2016)

## **2.5 PUENTE DE LA CONSTITUCIÓN DE 1812 (CÁDIZ)**

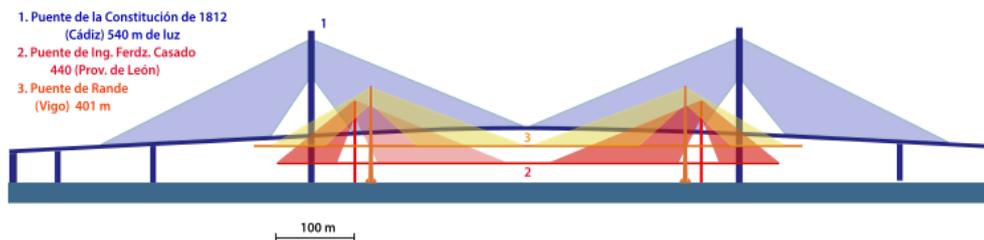
El puente de la Constitución de 1812 (también denominado Puente de la Pepa) es un puente atirantado que cruza la bahía de Cádiz, dando acceso a Cádiz desde el continente, siendo el tercer acceso a la ciudad. El puente es la continuación de la Autopista del Sur, formando parte integrante de la Autovía de Acceso a Cádiz.



**Figura 11. Puente de la Constitución de 1812 (Cádiz)**

El tablero se reparte entre la autovía de doble calzada (dos carriles por sentido) y otra calzada reservada para el transporte público. (Wikipedia, 2016)

El puente se empezó a construir en 2008 y fue abierto el 24 de septiembre de 2015. Se convirtió en el puente de mayor luz de España con 540 metros y también en el segundo de mayor gálibo marítimo del mundo (69 metros). El material utilizado fue hormigón armado y acero. El costo total del proyecto fue de 511 millones de euros.



**Figura 12. Comparativa entre los tres puentes de mayor luz de España. Puente de la Constitución de 1812 (azul)**

### 3 ELEMENTOS Y TIPOS DE PUENTES

En este tercer apartado se van a analizar las diferentes alternativas de puentes que existen según los materiales existentes y según el tipo de tablero, esto ayudará a decidir el tipo de construcción que es más adecuada para el uso que se le dará, la luz que hay que salvar, el gálibo, etc. Además, también se necesita analizar los elementos de los que consta un puente.

#### 3.1 INTRODUCCIÓN

Un puente es una construcción que permite salvar un accidente geográfico como un río, un cañón, un valle, una carretera, un camino, una vía férrea, un cuerpo de agua o cualquier otro obstáculo físico. El diseño de cada puente varía dependiendo de su función y de la naturaleza del terreno sobre el que se construye.



**Figura 13. Puente de madera en arco**

Los tipos de diseños que se han aplicado a lo largo de la historia son muy diversos influido por los distintos tipos de materiales disponibles en cada momento, las técnicas desarrolladas y las consideraciones económicas, entre otros factores.



**Figura 14. Puente Juscelino Kubitschek (Brasil), material principal acero**

Además, es de suma importancia analizar el diseño del puente, la calidad del suelo o roca donde habrá de apoyarse y el régimen del río por encima del que cruza para garantizar la vida del mismo.

Hasta el día de hoy, la técnica ha pasado desde una simple losa hasta grandes puentes colgantes que miden varios kilómetros y que cruzan bahías.

### 3.2 PARTES DE UN PUENTE

Los puentes constan fundamentalmente de dos partes: la superestructura y la infraestructura.(Otero, 2016)

La superestructura es la parte del puente en donde actúa la carga móvil, y está constituida por:

- **Tablero:** soporta directamente las cargas dinámicas (tráfico) y por medio de las armaduras transmite sus tensiones a estribos y pilas, que, a su vez, las hacen llegar a los cimientos, donde se disipan en la roca o en el terreno circundante. Sobre el tablero y para dar continuidad a la rasante de la vía viene la capa de rodadura. Los tableros van complementados por los bordillos que son el límite del ancho libre de calzada y su misión es la de evitar que los vehículos suban a las aceras que van destinadas al paso peatonal y finalmente al borde van los postes y pasamanos.



Figura 15. Mantenimiento de un tablero

- **Vigas longitudinales y transversales:** son los elementos que permiten salvar el vano, pudiendo tener una gran variedad de formas como las vigas rectas, arcos, pórticos, reticulares, vigas Vierendeel, etc.
- **Aceras y pasamanos**
- **Capa de rodadura**
- **Otras instalaciones**

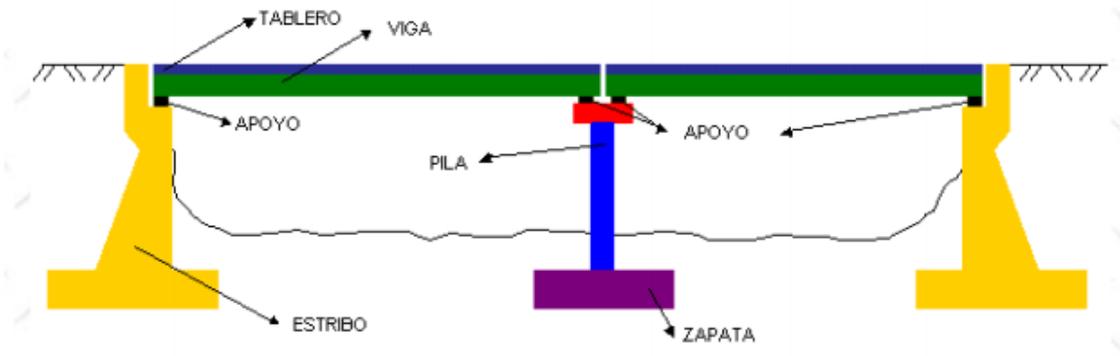


Figura 16. Elementos superestructura

La infraestructura o subestructura es la parte del puente que se encarga de transmitir las solicitaciones al suelo de cimentación y está constituida por:

- **Estribos:** situados en los extremos del puente sostienen los terraplenes que conducen al puente. A diferencia de las pilas los estribos reciben además de la superestructura el empuje de las tierras de los terraplenes de acceso al puente, en consecuencia, trabajan también como muros de contención. Los estribos están compuestos por un muro frontal que soporta el tablero y muros en vuelta o en muros-aletas que sirven para la contención del terreno.



Figura 17. Estribo

- **Pilas:** son los apoyos intermedios de los puentes de dos o más tramos. Deben soportar la carga permanentemente y sobrecargas sin asentamientos, ser insensibles a la acción de los agentes naturales (viento, riadas, etc).



Figura 18. Pila

### 3.3 TIPOLOGÍA DE PUENTES

#### 3.3.1 Según el material

##### 3.3.1.1 De madera

La madera es el material que utilizó el hombre para hacer sus primeras construcciones. Los puentes de madera son más fáciles y más rápidos de construir que los de piedra, y han resultado siempre más económicos; y a lo largo de la Historia se han construido innumerables puentes de este material, muchos más que de piedra.

Pero el inconveniente de este tipo de material es que presenta muchos problemas de durabilidad y por ellos se han considerado siempre de una categoría inferior que los de piedra; son más bien de carácter provisional.

##### 3.3.1.2 Metálicos

En este grupo se pueden distinguir tres tipos diferentes:

- De fundición
- De hierro forjado
- De acero

El empleo del hierro significó una transformación radical en la construcción en general, y en los puentes en particular; sus posibilidades eran mucho mayores que las de materiales conocidos hasta entonces, y por ello muy rápidamente se produjo un gran desarrollo, superando pronto las dimensiones de todas las obras construidas anteriormente.

Hoy en día sigue siendo el material de las grandes obras. Pero hay una gran diferencia, el hierro que se utiliza actualmente no es el mismo que el que se utilizó en los orígenes. El material ha evolucionado significativamente. La calidad entre los aceros actuales, y el hierro fundido es considerablemente diferente.

El hierro se fue sustituyendo por la fundición en la construcción a casa de sus mejores características mecánicas.

A finales del siglo XIX, se empezó a utilizar el acero para construir puentes, se consiguió un material dúctil y no frágil. A partir de entonces el acero se impuso como material de construcción sobre el hierro, y por ello, a partir de entonces, todos los puentes se han hecho de acero.

### 3.3.1.3 De hormigón

Los puentes de hormigón se subdividen a su vez en dos grupos:

- Armado
- Pretensado
- Mixtos

El hormigón armado es una colaboración del acero y el hormigón, adecuado especialmente para resistir esfuerzos de flexión. El hormigón es muy adecuado para resistir compresiones y el acero en barras para resistir tracciones. Por ello las barras de acero se introducen en la pieza de hormigón, en el borde que debe resistir las tracciones, y gracias a la adherencia entre los dos materiales, las primeras resisten las tracciones y las segundas las compresiones.

Antiguamente las barras de acero eran lisas, pero más adelante se comprobó que la adherencia entre el acero y el hormigón mejoraba significativamente haciendo las barras corrugadas, es decir, con resaltes transversales. Actualmente así son las barras.

El hormigón pretensado se puede considerar un nuevo material; su diferencia con el hormigón armado es que en este la armadura es pasiva, es decir, entra la carga cuando las acciones exteriores actúan sobre la estructura; en el pretensado, en cambio, la armadura es activa, es decir, se tesa previamente a la actuación de las cargas que va a recibir la estructura comprimiendo el hormigón, de forma que nunca tenga tracciones o que estas tengan un valor reducido. Resumiendo, es adelantarse a las acciones que van a actuar sobre la estructura con unas contra-acciones (momento en que se tesan las armaduras).

La estructura mixta es una nueva forma de colaboración del acero y el hormigón, en este caso yuxtapuestos, no mezclados como en el hormigón armado y pretensado, pero si conectados entre sí para que trabajen conjuntamente.

La ventaja de estos tipos de puentes es que su construcción se puede hacer igual que un puente metálico, con las ventajas que esto representa por su mayor ligereza.

El problema es la conexión entre el hormigón y el acero para asegurar que ambos materiales trabajen conjuntamente; para ellos se debe transmitir el esfuerzo rasante que se desarrolla en la unión de un material a otro.

### 3.3.2 Según el tablero sea fijo o móvil

#### 3.3.2.1 Puentes móviles

Los puentes móviles son aquellos en que el tablero o parte de él es móvil, con tal de permitir el paso alternativo a dos tipos de tráfico muy diferente, generalmente el terrestre y el marítimo.

La ventaja de estos puentes radica en que no es necesario construir un puente de gran altura para permitir el pasaje de los buques. Por otra parte, cuando la intensidad de tránsito sobre el puente es moderada o alta se producen largas colas de vehículos a la espera de que el puente vuelva a estar habilitado al tránsito. Otra desventaja es la espera que se produce en el tránsito de buques cutas maniobras se complican en condiciones de mal tiempo o poca visibilidad.

##### 3.3.2.1.1 Basculantes

Un puente basculante es un tipo de puente móvil que se construye sobre canales navegables a fin de facilitar el paso de embarcaciones por debajo sin necesidad de elevar la traza de la carretera. Están compuestos por 2 secciones que se abren en dirección perpendicular al plano del puente con la ayuda de contrapesos situados bajo la plataforma.

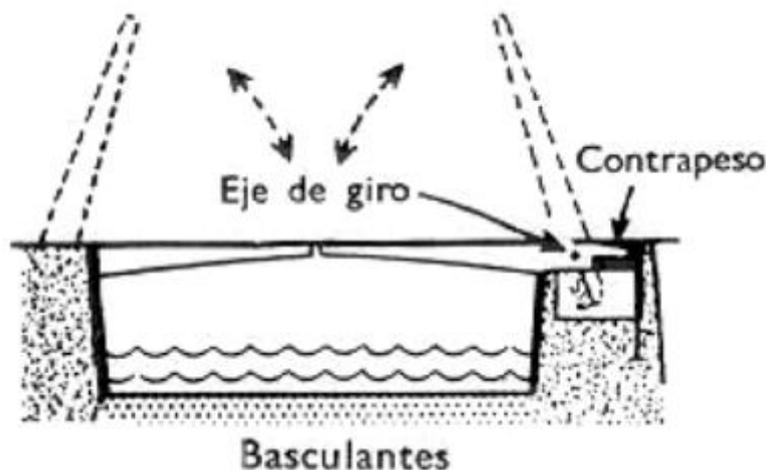


Figura 19. Puente basculante

### 3.3.2.1.2 Levadizos

Un puente levadizo es un tipo de puente móvil que se puede levantar con la ayuda de una instalación mecánica para así permitir la entrada a través de un portón, o bien para permitir el tráfico marítimo a través de un cuerpo de agua. La parte que se mueve se gira a través de un eje horizontal o a modo de bisagra.



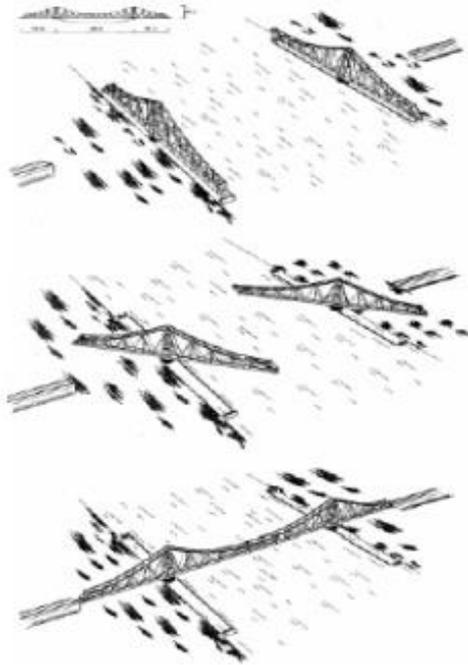
**Figura 20. Puente Diefenbäckbrücke en Mannheim, Alemania**



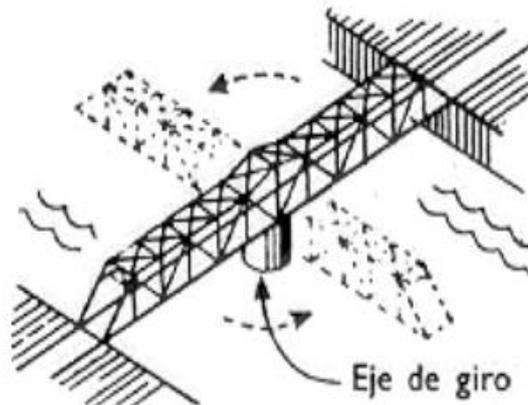
**Figura 21. Puente de Erasmus en Rotterdam**

### 3.3.2.1.3 Giratorios

En los puentes giratorios de eje vertical caben dos posibilidades de apertura: o bien girar dos vanos simétricos sobre una pila situada en el centro del canal de navegación, aunque en algún caso excepcional puede estar situada en un borde; o bien girar dos semivanos con sus compensaciones, sobre dos pilas situadas en los bordes del canal.



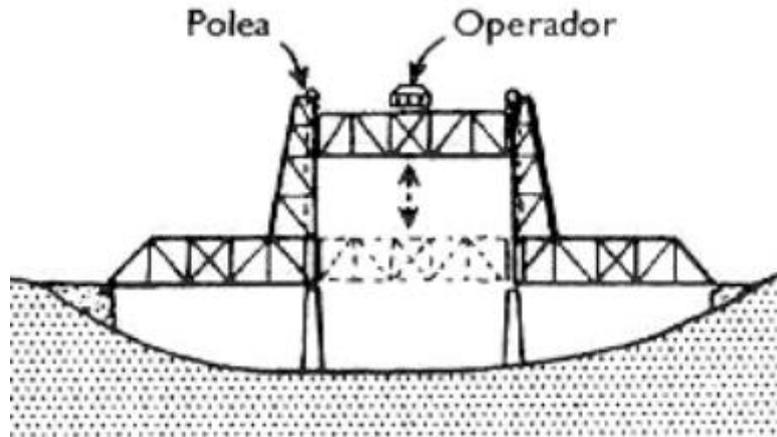
**Figura 22. Giro dos semivanos**



**Figura 23. Vano simétrico sobre pila**

#### 3.3.2.1.4 De desplazamiento vertical

Estos puentes son tableros simplemente apoyados, cuyos apoyos se pueden mover verticalmente para elevarlos a la cota que requiere el gálibo de navegación. Requiere de dos o cuatro torres, en la que se aloja la maquinaria de elevación y los contrapesos necesarios para equilibrarlos.



**Figura 24. Puente de desplazamiento vertical**

#### 3.3.2.1.5 Deslizantes (retractable o de desplazamiento horizontal)

Un puente retractable, deslizante o de desplazamiento horizontal es un puente móvil con una calzada que se mueve en sentido horizontal. La calzada se retira en dirección longitudinal para dejar paso a los navíos.



**Figura 25. Calzada sobre rodillos del puente retractable de Uppsala**

#### 3.3.2.1.6 Flotantes

Se apoyan sobre flotadores que pueden tener diversos tamaños. Consisten fundamentalmente en un tablero apoyado sobre una serie de elementos flotantes que sirven para mantenerlo en una situación más o menos fija.



**Figura 26. Puente flotante**

(<http://ocw.usal.es/enseanzas-tecnicas/ingenieria-civil/contenido/TEMA%207-%20PUENTES.pdf>)

## 4 ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO

En este apartado se estudiará el análisis económico del que se ha hecho uso para la elaboración del proyecto. Se pretenden establecer y definir todos los parámetros, campos, impactos, ecuaciones, etc. en él utilizados para su fácil y correcta comprensión.

### 4.1 DEFINICIÓN

En primer lugar, y como es lógico, se definirá el sistema de análisis económico que será la base del trabajo. El método utilizado se denomina Análisis Coste-Beneficio, más comúnmente conocido como ACB por su abreviación.

Es una herramienta financiera de alta efectividad que mide la relación entre los costes y los beneficios asociados a un proyecto de inversión con el objetivo de evaluar su rentabilidad. Llegados a esta comparación, el proyecto se deberá llevar a cabo cuando la relación entre costes y beneficios sea menor que 1, o en unas palabras más claras, cuando los beneficios superen a los costes totales. Este será el criterio final para la aceptación o el rechazo de un proyecto de una infraestructura para el futuro.

Llegados a este punto se debe destacar que en el capítulo de beneficios y costes son fácilmente definibles aquellas variables económicas como los gastos de construcción, mantenimiento y explotación o las ganancias ocasionadas con el peaje; pero se encuentran muchos factores sociales o ambientales que a través de diferentes estudios se deberán monetizar con el fin de observar todo el estudio desde un mismo punto de vista: el económico. Además, todos estos factores podrán derivarse del proyecto directa o indirectamente; esto es, se llegarán a unas consecuencias que se buscaban como objetivo final y se encontrarán otras que derivarán de la realización de la idea principal.

Se deberá afrontar el espacio temporal además de lo descrito anteriormente; esto es, llevar todas las cifras económicas finales al mismo punto para así obtener el verdadero valor. Esta operación se conseguirá a través del VAN, que consiste en un método con el que se calculará el valor presente de unos flujos económicos para años venideros.

Cierto es, que este análisis debería realizarse para cada una de las alternativas y hay que dejar claro que no se puede extrapolar de forma que el estudio realizado para la alternativa 1 se pueda extrapolar para la 2, ya que muchos parámetros se verán notablemente afectados. A su vez, y como es lógico, puede darse el caso de que el análisis resulte positivo para una alternativa, pero el estudio de otra finalice en un valor aún mejor que el calculado anteriormente.

### 4.2 ETAPAS

Las etapas en las que se divide el desarrollo del ACB son seis: identificación y definición del proyecto; definición de parámetros básicos; definición y estudio de los impactos; valoración monetaria de los mismos; cálculo del indicador de rentabilidad; y por último análisis de sensibilidad del modelo creado.(Ortega, 2016)

Para la realización de la primera de las etapas es necesario abordar diferentes aspectos. Por un lado, la completa descripción del proyecto, que incluirá desde la memoria descriptiva del mismo, hasta la planificación de su ejecución, incluyendo la asignación de los recursos necesarios para la misma. Por otro lado, será también necesaria la descripción del área y de la población afectada. El análisis de las distintas opciones que se estén evaluando deberá permitir la definición del área de estudio y su distinto nivel de afectación.

A continuación, será necesario proceder a la definición de los parámetros básicos, eligiendo los valores de todos aquellos factores que afectan al posible resultado final del modelo del ACB. Puede parecer un paso baladí, pero dentro de estos parámetros se encuentran algunos tan importantes como la tasa de descuento a aplicar o el horizonte temporal bajo el cual se considerarán los impactos del proyecto bajo evaluación.

Una vez que se tiene perfectamente definido el proyecto que se someterá al ACB, el siguiente paso es proceder a la determinación de aquellos impactos que se derivan de la realización del mismo y que posteriormente serán los que se analicen en profundidad. Esta etapa se divide en dos pasos igualmente importantes: por un lado, la identificación de todos los impactos que se pueden producir, y a continuación la determinación de cuales de esos resultan realmente relevantes para el análisis. Hanley (2009) justifica la necesidad de limitar los impactos a someter al análisis por dos razones. La primera es la necesidad de eliminar aquellos impactos que, aun existiendo, no aportan un elemento diferenciador al análisis y por tanto al proceso decisorio. La segunda es debido a la existencia de condicionantes económicos (generalmente expresados en forma de tiempo y trabajo realizable) que limitan la amplitud del análisis. Se trata en resumen de seleccionar aquellos impactos potencialmente discriminantes y a su vez realizar un uso eficiente de los recursos disponibles para el análisis.

Toda vez que se posee una lista de los impactos relevantes asociados al proyecto bajo evaluación, el siguiente paso de la metodología es proceder a su valoración monetaria. Esta etapa comprende de nuevo dos tareas. Por un lado, la medición de la afección e importancia de la misma sobre el área de estudio. Para cada uno de los impactos se deberá determinar pues si suponen un flujo positivo o negativo, en qué magnitud y cuándo se produce. Por otro lado, deberá procederse a la valoración económica en sí de las consecuencias de cada uno de los impactos.

Una vez se poseen todos los impactos cuantificados y expresados en una misma unidad de medida, en esta etapa se busca el cálculo de un indicador, cuantitativo o adimensional, que permita calcular la rentabilidad del proyecto bajo análisis. A pesar de la posibilidad de aplicar otros indicadores, es común en la realización del ACB recurrir al empleo del Valor Actualizado Neto como indicador de referencia. Su expresión matemática es la siguiente:

$$VAN = -I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{(1+r)^i} = -I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{(b_i - c_i)}{(1+r)^i}$$

Donde  $I_0$  es el valor del desembolso inicial,  $q_i$  representa a los flujos de caja del periodo  $i$  (y que se calculan como la diferencia entre los ingresos  $b_i$  y los costes  $c_i$ ), y por último  $r$  representa la tasa de interés.

Si el VAN de un determinado proyecto arroja un valor positivo, quiere decir que ese proyecto está generando valor, y por tanto es un proyecto “rentable”. Por el contrario, si el VAN se obtiene negativo, quiere decir que los costes asociados a ese proyecto superan a los ingresos, se está destruyendo valor, por lo que el proyecto no es aconsejable de llevar a cabo. El empleo del VAN como criterio decisor está basado en el criterio de Kaldor-Hicks, que califica una alternativa como mejor que otra si la suma de los efectos positivos de la nueva situación compensa a la suma de sus efectos negativos, independientemente de quien reciba los ingresos y quien soporte los costes.

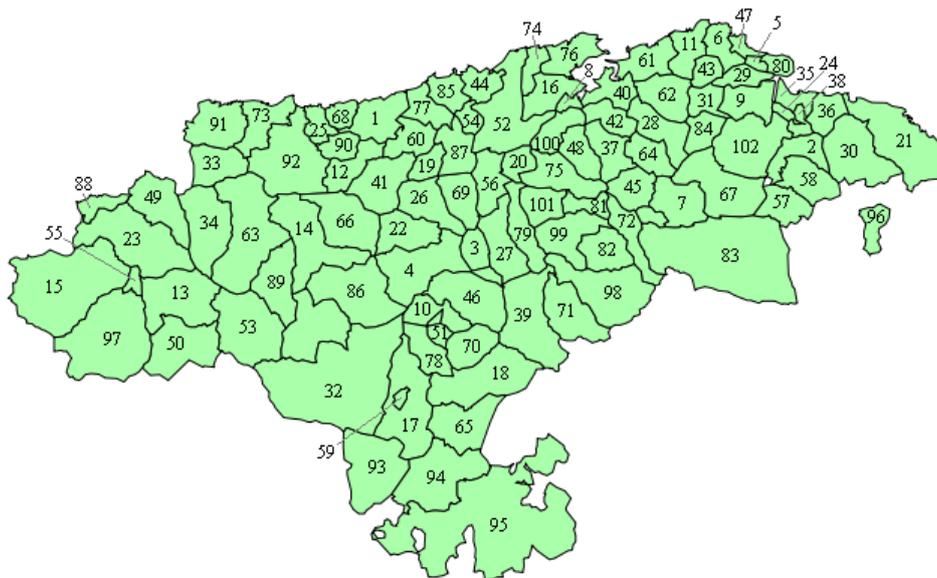
El proceso anteriormente descrito culmina proporcionando una medida de la idoneidad o no de realizar un determinado proyecto en función de su Valor Actualizado Neto (VAN), que se ha calculado con los datos disponibles en el momento. Sin embargo, si estos datos variasen, el resultado obtenido podría ser muy diferente. Existen infinidad de factores que pueden afectar a cada uno de los datos que se han recogido para la realización del ACB. El principal y más importante de todos ellos es la incertidumbre que rodea a todo el proceso. En los procesos *ex ante* ninguna de las predicciones que se realizan sobre muchos de los datos tienen una fiabilidad del 100%. Es por ello, que una etapa fundamental a introducir en el análisis coste beneficio debe ser el del análisis de sensibilidad que permita determinar aquellos parámetros más críticos del modelo (Análisis coste beneficio aplicado al medioambiente, s.f.).

## 5 CASO DE ESTUDIO

### 5.1 INTRODUCCIÓN

Santander es una ciudad situada en el norte de España, capital de la comunidad autónoma de Cantabria. La localidad de Santander es a su vez la capital del municipio homónimo y con 175 736 habitantes (2014), es la urbe más poblada de la comunidad autónoma, siendo además la cabecera del área metropolitana de Santander, una conurbación de más de 300 000 habitantes que se extiende alrededor de la Bahía de Santander. (Wikipedia, 2016)

La Comunidad Autónoma de Cantabria está formada por 102 municipios, pero según un estudio de la Universidad de Cantabria de 2007, el área metropolitana estaría formada por el municipio de Santander y por otros ocho: Camargo, Santa Cruz de Bezana, El Astillero, Piélagos, Marina de Cudeyo, Villaescusa, Medio Cudeyo y Ribamontán al Mar.



**Figura 27. Mapa municipios de Cantabria**

- 08: El Astillero
- 016: Camargo
- 040: Marina de Cudeyo
- 042: Medio Cudeyo
- 052: Piélagos
- 074: Santa Cruz de Bezana
- 076: Santander
- 100: Villaescusa

El municipio limita al Norte con el Mar Cantábrico, al Este con la bahía homónima, que lo rodea también por el Sur junto al municipio de Camargo y al Oeste limita con el municipio de Santa Cruz de Bezana.

Su cota máxima, situada en Peñacastillo, es de 137 metros y, su cota mínima se sitúa a nivel de mar.

## 5.2 TRANSPORTES

A continuación, se explicarán brevemente las diferentes tipologías de transportes, tanto viario y ferroviario como marítimo. No se hace mención en ningún momento al aéreo ya que este no influye para nada en el estudio de la construcción del puente.

### 5.2.1 Viario y ferroviario

La red de transportes de Santander se basa en varias líneas de autobuses urbanos, gestionados por la empresa municipal TUS. En 2011 se contabilizaron 19.501.017 de viajeros.

Por otro lado, se prevé la construcción del Metro de Santander, compuesto por líneas de metro ligero (actualmente en estudio) y un funicular inaugurado en julio del 2008. Además, Santander tiene comunicación con los núcleos del área metropolitana mediante dos líneas cercanías Feve (Santander-Solares-Liérganes y Santander-Torrelavega-Cabezón de la Sal), una de cercanías Renfe (Santander-Reinosa) y varias líneas de autobuses.

En cuanto a las comunicaciones interurbanas, destacan las autovías A-8, A-67 y los ferrocarriles de Adif y Feve, especialmente los de Renfe Operadora, compañía en la que destacan los trenes Alvia con destino Alicante vía Madrid.

### 5.2.2 Marítimo

En los años 1980 el puerto de Santander fue desplazado del centro de la ciudad y durante los últimos años Santander está en un proceso de recuperación de su margen sur frente a la Bahía de Santander. El traslado de toda la actividad portuaria al Puerto de Raos ha sido paulatino, a excepción el tráfico marítimo de pasajeros que se centraliza en su estación marítima frente al Paseo de Pereda.

Actualmente el crecimiento de la actividad portuaria, el incremento del tráfico de mayor valor añadido (vehículos y contenedores principalmente frente a los graneles líquidos y sólidos) que requieren para su almacenaje una gran cantidad de un suelo ya escaso y el insuficiente calado para algunos tipos de buques, está obligando a la Autoridad Portuaria a considerar la construcción a largo plazo de un puerto exterior fuera de la bahía.

Santander tiene una línea de transbordador que conecta la capital cántabra con la ciudad inglesa de Plymouth. Este viaje es llevado a cabo por la naviera

bretona BrittanyFerries, la cual posee otra línea ro-ro<sup>1</sup> entre ambos puertos con un barco de carga rodada pero en este caso únicamente para el transporte de vehículos pesados. BrittanyFerries opera también la línea Santander-Portsmouth. Por su parte LD Lines opera la línea Santander-Poole que hasta el 2013 también estaba en manos de BrittanyFerries. Por otro lado, existe un servicio regular de lanchas Santander - Pedreña - Somo llevado a cabo por *Los Reinas S.A.*

### 5.3 CARRETERAS DE ACCESO A SANTANDER

Actualmente hay dos vías principales de entrada a la ciudad de Santander, una es por la S-20 y otra es por la S-10, ambas salidas quedan colapsadas a diario. Hace aproximadamente 4 años se inauguró la S-30, esta carretera da acceso a Santander conectando la S-20 con la S-10.

#### 5.3.1 S-20

La S-20 es una autovía que sirve de acceso desde el oeste a la ciudad de Santander, en Cantabria (España). Su recorrido consta de 5 kilómetros en los que une La Albericia con la A-67 Autovía Cantabria-Meseta a la altura de Bezana.

Se inicia en la glorieta de La Albericia, en donde enlaza con la avda. de La Constitución y la Avda. de Los Castros, y llega al municipio de Santa Cruz de Bezana donde enlaza con la Autovía Cantabria-Meseta (A-67). Junto con la S-10, es la principal vía de acceso a la capital cántabra. (Wikipedia, 2016)

#### 5.3.2 S-30

La Autovía Ronda de la Bahía de Santander (S-30), conocida popularmente como Ronda de la Bahía, es una autovía de circunvalación de 12,2 km. Este semianillo periférico rodea el área metropolitana de la ciudad de Santander, en Cantabria(España).(Wikipedia, 2016)

Su principal objetivo es descongestionar la S-10, ya que es una alternativa a esta autovía, y vertebrar la comarca de la Bahía de Santander, en concreto los municipios de Santander, Camargo, El Astillero, Piélagos y Villaescusa.

#### 5.3.3 S-10

La S-10 es una autovía que sirve de acceso desde el este a la ciudad de Santander, en Cantabria (España). Su recorrido consta de 16 km en los que circunvala la Bahía de Santander. Parte de la Avenida de Parayas en Santander y atraviesa los municipios de Camargo y El Astillero hasta llegar al enlace con la Autovía del Cantábrico en Solares, en el municipio de Medio Cudeyo.(Wikipedia, 2016).

---

<sup>1</sup> RO-RO es un acrónimo del término inglés Roll On-Roll Off, con el cual se denomina a todo tipo de buque, o barco, que transporta cargamento rodado, tanto automóviles como camiones.

Es una de las carreteras de Cantabria con más tráfico de vehículos, pues, junto con la S-20, es la principal vía de entrada a Santander y además comunica gran parte del área metropolitana con la capital. La construcción de la S-30ha ayudado a descongestionar esta vía, una de las que mayor tráfico soporta de la comunidad autónoma.

En este trabajo se realiza el estudio de uno de estos accesos a la ciudad, la S-10, para ello se propone la construcción de un puente que comunique Santander con la zona de Medio Cudeyo (Pedreña, Somo, Elechas, etc). De esta forma se reducirían atascos y accidentes en la S-10, se reduce el tiempo de viaje entre estas zonas favoreciendo incluso el crecimiento de la ciudad de Santander así como la actividad económica en sentido Este.

Se han hecho cuatro propuestas del trazado del puente, las cuales se describen a continuación.

## **5.4 ALTERNATIVAS**

Tras el desarrollo de los problemas y los objetivos en el primer punto del trabajo y el estudio de la situación actual en los apartados previos de este mismo punto, hay que llevar a cabo la búsqueda de diferentes soluciones que resuelvan las carencias encontradas.

### **5.4.1 Alternativa 1**

En esta alternativa se propone la conexión de Santander desde la explanada de Gamazo, la cual ha sido hace poco remodelada. Esta explanada queda situada muy cerca del Palacio de Festivales, y daría un acceso prácticamente directo a las principales playas de Santander.



**Figura 28. Alternativa 1**

Actualmente Gamazo consta de una pequeña bajada hasta el mar, que tendría que ser rellenada hasta alcanzar la misma cota que la carretera.

En este terreno se realizaría una rotonda, una de sus salidas daría paso al puente de 2.26 Km de longitud hasta llegar a Pedreña, a una zona de prado donde se construiría otra rotonda que conectaría con la carretera Ca-141.

#### 5.4.2 Alternativa 2

Esta segunda opción de trazado que se propone es muy similar a la explicada anteriormente. El único cambio sería el lugar de conexión, que en vez de ser en la explanada de Gamazo se realizará en la Avda. Reina Victoria entre el Palacio de Festivales y el comienzo del paseo.

Esta propuesta es algo menos costosa, al menos desde el punto de vista técnico. Con esta opción se soluciona de una manera más sencilla la llegada al canal con una altura libre de unos 40 m sobre el agua, ya que se parte de una cota más elevada. Y desde este punto habría una bajada hasta la llegada a Pedreña conectando con la Ca-141 a través de una rotonda previa. En este caso la longitud total sería alrededor de 2.41km.



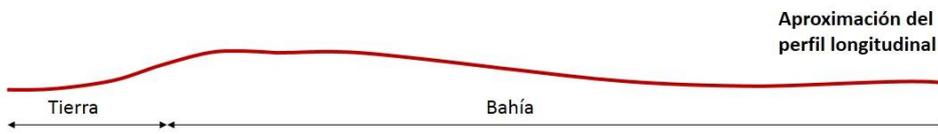
**Figura 29. Alternativa 2**

### 5.4.3 Alternativa 3

Esta tercera alternativa parte de una rotonda que sería construida en la intersección de la calle Antonio López con la calle Marqués de la Hermida, desde este punto se partiría con un puente con la pendiente suficiente como para llegar al final de la calle Antonio López con una altura de unos 40 metros aproximadamente. Así se permitiría el paso no solo de los barcos que están en el Barrio Pesquero, sino también de todos los que tienen que acudir tanto al puerto de Raos para correspondiente carga y descarga como a los astilleros para su mantenimiento.

El alcance de los 50 metros de gálibo se haría en una longitud de unos 750 metros. Desde este punto habría que salvar una distancia de 3.5 km hasta llegar al otro extremo de la bahía que se situará en Pedreña enlazando con la Ca-141.

En este caso la longitud total a tratar sería de alrededor de unos 4.25Km a los que habría que añadir la longitud necesaria hasta la conexión con la Ca-141 de 375 metros aproximadamente.



Aproximación del perfil longitudinal

Figura 30. Alternativa 3

**5.4.4 Alternativa 4**

En esta imagen se muestra la posible conexión desde el municipio de Elechas hasta el actual puerto de Santander, situado en Raos.



Aproximación del perfil longitudinal

Figura 31. Alternativa 4

De esta forma el trazado constaría de una carretera de unión de 1.3 km de longitud desde la Ca-141 hasta el inicio del puente en Elechas. Dicha carretera tendrá su fin en el puerto, su longitud sería de 2.33 km y alcanzaría una flecha máxima de

aproximadamente 40 metros pudiendo permitir el paso de los barcos de recreo situados en el puerto deportivo de Raos, pero a la vez debe permitir todo el tráfico marítimo de grandes barcos como se ha descrito en la anterior alternativa.

Para finalizar la conexión del puente con Santander se propone una carretera de enlace (1.67 km) hasta la S-10, la cual da entrada y salida del tráfico de la ciudad.

Además, también se consideró la opción de construir un puente levadizo con una mecánica similar al construido hace unos años en el Barrio Pesquero de Santander. Pero esta opción se desestimó porque supondría un coste excesivo y con ello su amortización a lo largo de los años sería más costosa y difícil de conseguir.

La idea de un puente levadizo surge por la necesidad de un puente con doble función. La primera facilitar el paso de embarcaciones por la bahía y la segunda para permitir que se pueda transitar terrenalmente sin necesidad de que el puente fuera demasiado alto. Así algunos de los barcos podrían pasar por debajo de él evitando la necesidad de cortar el tráfico con todos los barcos, sino solo con los más grandes. Su gálibo de navegación de podría ver reducido a la mitad aproximadamente, es decir, 25 metros.

Sería un puente dividido por el centro para que estuviera unido siempre para permitir el tráfico viario. Pero, cuando un barco de grandes dimensiones (como los que van al astillero o a descargar mercancías en el puerto de Raos) necesitara pasar por debajo de él, el puente se separaría del centro para permitir su paso y después quedar otra vez unido.

Más adelante se detallará esta propuesta con los datos tomados y sus resultados. Con la ayuda del Excel desarrollado se podrán entender mejor todas las posibilidades y con ello llegar a una conclusión final. En cada alternativa habrá que ver de qué forma pueden variar los impactos (sociales, económicos y ambientales) y las variables económicas que se desarrollaran los siguientes puntos del estudio.

## 6 METODOLOGÍA

La evaluación económica se materializa mediante la realización del análisis Coste-Beneficio, en el que se asignan valores monetarios a los beneficios y costes del proyecto, como bien se ha explicado en el apartado anterior. Permitiendo de este modo la obtención de flujos de caja a partir de los cuales obtener indicadores que cuantifiquen la rentabilidad económica del proyecto. Para la realización de este análisis Coste-Beneficio se ha usado el documento (Ministerio de Fomento, 2016).

Una vez se eligen las alternativas, se tiene que estimar el precio de cada una de las alternativas. Para ello hay que basarse en otros puentes ya construidos y de los que existan diferentes datos, como el gálibo de navegación, la longitud, el vano mayor, el coste final, etc.

Se han tomado de referencia los siguientes puentes, algunos de ellos muy conocidos a nivel internacional: Cádiz (2015), V Centenario (Sevilla, 1992), Bósforo (1973), Lisboa (1966), Golden Gate (1933) y Brooklyn (1883).

Como tienen diferentes fechas de construcción y diferentes monedas, los precios originales no se pueden comparar directamente entre ellos. Para poder hacerlo se pasan todos los precios a la misma moneda (€) y se actualizan los precios al año 2016, mediante la página web del INE (Instituto Nacional de Estadística, 2016), que permite actualizar una renta dependiendo el país de procedencia. Esto surge porque cada país sufre una inflación diferente de precios por año, de forma que en un año en un país la inflación puede ser del 7%, mientras que en otro es del 50%.

Se empieza con el estudio de los tiempos de ahorro fijando una ruta, que podría haber sido ‘Pedreña – centro de Santander’ o ‘Pedreña – El Sardinero’, habría numerosas alternativas de ruta que serían válidas y servirían para este estudio. En este caso se ha tomado ‘Somo - Universidad de Cantabria’.

Este recorrido se analiza de dos formas, sin puente y con puente para cada una de las alternativas. De esta forma se puede sacar el tiempo ahorrado (desde 7.5’ a 17’) con la construcción del puente, así como la distancia que puede variar desde 10.2 a 18.74 km respectivamente.

Para sacar el ahorro monetario de estos tiempos tengo que valorar que habrá gente que se mueva por motivos de trabajo y otros por ocio, por lo tanto, el valor será diferente.

Todos los cálculos que se realizarán están basados en el documento del Ministerio de Fomento: “Notas de servicio 3/2014 sobre preinscripciones 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”,

## 6.1 AHORRO DE TIEMPO.

En este apartado se calcula lo que puede suponer monetariamente el ahorro de tiempo para cada trayecto y usuario. La valoración de los ahorros en tiempo de viaje se convierte en un elemento clave a la hora de evaluar los proyectos de transportes, representando uno de los principales beneficios que se derivan de una nueva infraestructura de transporte. La reducción en los desplazamientos, cualquiera que sea su motivación supondrá una disminución del coste asociado al viaje, tanto en términos del tiempo de desplazamiento como en términos monetarios, ya que es preciso cuantificar monetariamente el tiempo de viaje asociado a la realización de un determinado trayecto.

Habrá que hacer un estudio aproximado dependiendo del tipo de vehículo porque no todos los vehículos son estándar, esto significa que no consumirá lo mismo un vehículo ligero que un vehículo pesado. El pesado tendrá un consumo bastante superior al ligero.

El vehículo pesado es aquel automóvil especialmente acondicionado para el transporte de mercancías cuyo peso máximo autorizado sea superior a 6 toneladas y cuya capacidad de carga exceda de 3,5 toneladas. Las cabezas tractoras tendrán la consideración de vehículos pesados cuando tengan una capacidad de arrastre de más de 3,5 toneladas de carga (Transporte terrestre, información estadística, 2016).

En cambio, el vehículo ligero es aquel automóvil especialmente acondicionado para el transporte de mercancías cuyo peso máximo autorizado no exceda de 6 toneladas, o que, aun sobrepasando dicho peso, tenga una capacidad de carga útil no superior a 3,5 toneladas.

Por otra parte, hay que explicar el concepto del valor del ahorro del tiempo. Se define como un ratio entre las utilidades marginales de tiempo y de dinero, entonces dependerá de las limitaciones de la restricción presupuestaria (y de los ingresos) y de la restricción del tiempo (y del tipo de persona).

Para este ahorro de tiempo, como se explicó anteriormente, se ha establecido como referencia una determinada ruta. Su comienzo será en Somo y acabará en la Universidad de Caminos, Canales y Puertos de Santander, en la Avda. de Los Castros.

### 6.1.1 Vehículos ligeros.

Los datos de todas las tablas son del año 2002, por lo tanto, hay que actualizarlos al 2016 sabiendo que la inflación es de un 29.4091% (Instituto Nacional de Estadística, s.f.).

Como se ha dicho anteriormente se entiende como vehículo ligero a aquel que no supere las 6 toneladas de peso máximo autorizado o con carga útil igual o menor a 3.5 toneladas.

Además de la separación entre vehículos ligeros y vehículos pesados también se tiene que diferenciar entre tiempo de trabajo y tiempo de ocio, siendo más caro el de trabajo.

Una vez se tiene el ahorro de tiempo en minutos y el ahorro de distancia en km se puede entrar a calcular los parámetros que se muestran a continuación.

### 6.1.1.1 Ahorro en tiempo de trabajo.

El tiempo de trabajo produce bienes, los cuales incrementan directamente el bienestar, otorgando un valor social al ahorro del tiempo, independiente de los valores de preferencia de los trabajadores (Universidad del Océfico, Centro de investigación, 2016).

Este tipo de ahorro de tiempo es válido para todas aquellas personas que se desplacen por motivos de trabajo, ya sea por que vivan en la zona de Medio-Cudeyo y trabajan en Santander o viceversa. Este desplazamiento puede ser a diario en la mayoría de los casos o por el contrario pueden ser visitas esporádicas por determinados motivos o visitas a otras empresas.

Hay que explicar lo que se entiende como viaje de trabajo. Las empresas contratan trabajadores hasta que el sueldo que pagan sea igual al valor de la productividad marginal del trabajador y a esto es a lo que se le denomina como viaje de trabajo. Si esto lleva consigo que el trabajador ahorra tiempo de viaje, ese ahorro de tiempo significa un mayor nivel de producción, y el beneficio es equivalente al íntegro de su remuneración bruta.

Cuadro 6.2: Valor de los ahorros de tiempo en tiempo de trabajo en España para pasajeros<sup>\*</sup>

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

<sup>\*</sup>A coste de factores.

Figura 32. Valor ahorros de tiempo en tiempo de trabajo en España para pasajeros

$$22.34 \text{ €/usuario/trayecto} * \left(1 + \frac{29.4091}{100}\right) * \left(\frac{\text{ahorro de tiempo (min)}}{60}\right)$$

### 6.1.1.2 Ahorro en tiempo de ocio.

El viaje de ocio abarca el resto de motivos que no están relacionados con el trabajo como por ejemplo ir de compras, estudios, motivaciones familiares y ocio en sentido estricto. No existe un mercado “formal” por tiempo de ocio, por lo que se usan técnicas que permitan obtener el valor que tiene el tiempo para las personas. Las preferencias individuales son distintas y hacen que varíe el valor del tiempo.

Se podría decir que la valoración del tiempo de ocio estará relacionada con el incremento de la utilidad que reporta su ahorro, y que dependerá del valor que los individuos asignen a las actividades que conformen su ocio. En general, la literatura económica coincide en valorar el tiempo de viaje por ocio en una cuantía inferior al coste del trabajo.

Para el ahorro en tiempo de ocio total se requerirá el cálculo previo de una serie de parámetros anteriores, como son el Commuter de corta y larga distancia y

*Cuadro 6.3: Valor de los ahorros de tiempo en tiempo de ocio en España para pasajeros*

	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
€ <sub>2002</sub> 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
€ <sub>2002</sub> 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
€ <sub>2002</sub> 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
€ <sub>2002</sub> 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

\* A coste de los factores.

**Figura 33. Valor ahorros de tiempo de ocio en España para pasajeros**

Otro de corta y larga distancia también.

#### 6.1.1.2.1 Commuter<sup>2</sup> corta distancia

$$8.52 * \left(1 + \frac{29.4091}{100}\right) * \left(\frac{\text{ahorro de tiempo (min)}}{60}\right)$$

#### 6.1.1.2.2 Commuter larga distancia

$$10.94 * \left(1 + \frac{29.4091}{100}\right) * \left(\frac{\text{ahorro de tiempo (min)}}{60}\right)$$

<sup>2</sup>Commuter: viajero diario

6.1.1.2.3 Otro corta distancia

$$7.15 * \left(1 + \frac{29.4091}{100}\right) * \left(\frac{\text{ahorro de tiempo (min)}}{60}\right)$$

6.1.1.2.4 Otro larga distancia

$$9.18 * \left(1 + \frac{29.4091}{100}\right) * \left(\frac{\text{ahorro de tiempo (min)}}{60}\right)$$

A continuación, se calculará el valor medio de las cortas distancias y de las largas distancias.

6.1.1.2.5 Media corta distancia

$$\frac{\text{Commuter corta distancia} + \text{Otro corta distancia}}{2}$$

6.1.1.2.6 Media larga distancia

$$\frac{\text{Commuter larga distancia} + \text{Otro larga distancia}}{2}$$

El valor de ahorro final para vehículos ligeros será de un 60% la corta distancia y la larga distancia tendrá un peso del 40%:

$$\text{Media corta distancia} * \frac{60}{100} + \text{Media larga distancia} * \frac{40}{100}$$

El resultado global tendrá en cuenta en un 43% el ahorro en tiempo de trabajo y un 57% el de ocio:

$$\text{Ahorro tiempo de trabajo} * \frac{43}{100} + \text{Ahorro tiempo de ocio} * \frac{57}{100}$$

**6.1.2 Vehículos pesados.**

Se recuerda que un vehículo pesado es aquel automóvil especialmente acondicionado para el transporte de mercancías con un peso máximo autorizado superior a 6 toneladas y con una capacidad de carga mayor a 3,5 toneladas. Las cabezas tractoras tendrán la consideración de vehículos pesados con una capacidad de arrastre de más de 3,5 toneladas de carga.

*Cuadro 6.4: Valor de los ahorros de tiempo en España para mercancías \**

	Carretera		Ferrocarril	
	España	UE 25	España	UE 25
€ <sub>2002</sub> por hora y tonelada	2,84	2,98	1,17	1,22
€ <sub>2002</sub> por hora y tonelada ajustado por PPA	3,30	2,98	1,36	1,22

\* A coste de factores.

**Figura 34. Valor ahorros de tiempo en España para mercancías**

### 6.1.2.1 Ahorro en tiempo (€/h\*ton/usuario/trayecto).

$$2.84 * \left(1 + \frac{29.4091}{100}\right) * \left(\frac{\text{ahorro de tiempo (min)}}{60}\right)$$

Para determinar la carga media de los vehículos pesados, se tomarán datos ofrecidos por el Observatorio del Transporte de Mercancías por Carretera en su publicación “Oferta y demanda. Enero de 2014”. En este documento se indica que para el último año registrado (2014), se transportaron por carretera **1.184.866.000** toneladas con un recorrido medio de 165 km.

En base a la tabla puede establecerse un coste de 2,84 €/h en el año 2002, que representan 3,75 €/h en 2016.

**TRANSPORTE POR CARRETERA REALIZADO POR VEHÍCULOS PESADOS ESPAÑOLES**

	Toneladas		Toneladas-Kilómetro		Recorrido medio (km)
	(miles)	(% Incremento sobre el año anterior)	(millones)	(% Incremento sobre el año anterior)	
1993	576.090		92.171		160
1994	614.320	6,6%	97.846	6,2%	159
1995	609.213	-0,8%	101.874	4,1%	167
1996	589.752	-3,2%	102.167	0,3%	173
1997	628.913	6,6%	109.840	7,5%	175
1998	719.337	14,4%	125.268	14,0%	174
1999	827.058	15,0%	134.259	7,2%	162
2000	945.444	14,3%	148.714	10,8%	157
2001	1.048.293	10,9%	161.042	8,3%	154
2002	1.760.534	67,9%	184.545	14,6%	105
2003	1.850.099	5,1%	192.587	4,4%	104
2004	2.012.726	8,8%	220.816	14,7%	110
2005	2.210.644	9,8%	233.219	5,6%	105
2006	2.387.526	8,0%	241.758	3,7%	101
2007	2.408.978	0,9%	258.870	7,1%	107
2008	2.120.494	-12,0%	242.978	-6,1%	115
2009	1.711.314	-19,3%	211.891	-12,8%	124
2010	1.566.705	-8,5%	210.064	-0,9%	134
2011	1.466.502	-6,4%	206.840	-1,5%	141
2012	1.239.140	-15,5%	199.205	-3,7%	161
2013	1.124.833	-9,2%	192.594	-3,3%	171
2014	1.184.866	5,3%	195.763	1,6%	165

Fuente: Encuesta Permanente de Transporte de Mercancías por Carretera (Ministerio de Fomento).

**Figura 35. Transporte por carretera de vehículos pesados españoles**

En el año 2012, los vehículos pesados autorizados para transporte de mercancías ascendían a N<sup>o</sup> VEHICULOS (01/01/2016): 315.016. Considerando que un vehículo pesado recorre anualmente 90.000 km el 85% en carga (fuente: Observatorio de Costes del Transporte de Mercancías por Carretera), sería posible determinar la carga media por expedición:

$$C_{media} = \left( \frac{\text{Toneladas transportadas} * \text{Distancia media recorrida}}{\text{Km anuales en carga} * N^o \text{ de vehículos}} \right)$$

$$C_{media} = \left( \frac{1.184.866.000 * 165}{90.000 * 0.85 * 315.016} \right) = 8.112582641 \text{ ton}$$

$$\text{Coste horario} = C_{\text{media}} (\text{ton}) * \text{Coste} \left( \frac{\text{€}}{\text{h}} \right) = 8.112582641 * 3.75 = 30.4221849 \text{ €/h}$$

La carga media calculada ascendería a 8.11 ton, y con ello el coste horario asciende a 30.42 €/h.

## 6.2 AHORRO DE COMBUSTIBLE (€/USUARIO/TRAYECTO).

Al igual que en el apartado anterior se hizo una diferencia entre vehículos ligeros y vehículos pesados para la monetización del ahorro de tiempo, en este apartado se calcula el ahorro en combustible. Para ello hay que distinguir entre dos tipos de vehículos, los turismos y los vehículos pesados.

No todos los vehículos ya sean turismos o vehículos pesados consumen lo mismo, cada uno es diferente y además el consumo no es el mismo a cualquier velocidad. Este es el motivo por el que se toman unos valores base, que servirán para hacer un cálculo aproximado.

Según el documento del Ministerio de Fomento, el consumo será de 5.5l/100km para turismos y de 35l/100km para vehículos pesados. Estos valores varían según la velocidad que lleve el automóvil, en este caso estos consumos se corresponden con una velocidad establecida de 60km/h.

### 6.2.1 Turismos

$$\text{Distancia ahorrada (km)} * \text{Consumo combustible} \left( \frac{\text{l}}{100\text{km}} \right) * \text{Precio medio combustible (€/l)}$$

### 6.2.2 Vehículos pesados

$$\text{Distancia ahorrada (km)} * \text{Consumo combustible} \left( \frac{\text{l}}{100\text{km}} \right) * \text{Precio medio combustible (€/l)}$$

#### NOTA:

Consumo turismos a 60km/h = 5.5 l/100km

Consumo veh. Pesados a 60km/h =35 l/100km

Precio medio combustible = 1€/l

## 6.3 EMISIONES CO<sub>2</sub> (TON).

Un vehículo para desplazarse debe adquirir energía de alguna fuente y transformarla mediante el motor en energía cinética para que las ruedas giren y se produzca el desplazamiento. Las emisiones de CO<sub>2</sub> dependen del tipo de energía consumida y por ello distinguimos entre coches convencionales, eléctricos, e híbridos.

En este estudio únicamente se han tenido en cuenta los coches convencionales. Los eléctricos y los híbridos son todavía un muy pequeño porcentaje de todos los vehículos, por lo que se han despreciado.

Un vehículo convencional adquiere la energía que se encuentra almacenada en un combustible fósil, que se libera mediante la combustión en el interior de un motor térmico convencional. Estos combustibles fósiles son primordialmente derivados del petróleo: gasolina y diésel; aunque también podrían ser biocombustibles.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> se producen por la quema del combustible y son expulsadas a través del tubo de escape. La cantidad de CO<sub>2</sub> emitida, si se atiende únicamente al tipo del vehículo, y no a la forma de conducción, depende de la cantidad de energía necesaria para circular y de la eficiencia del motor. La cantidad de energía necesaria depende del peso del vehículo y de su potencia. Por tanto, a mayor potencia y mayor peso, mayor consumo de combustible y mayores emisiones de CO<sub>2</sub>.

### 6.3.1 Turismos

#### 6.3.1.1 Ahorro consumo combustible anual/usuario/trayecto

$$\left( \frac{\text{Ahorro combustible} \left( \frac{\text{€}}{\text{usuario trayecto}} \right) * \text{Precio medio combustible} \left( \frac{\text{€}}{\text{l}} \right) * \text{Densidad media}}{1000000} \right) * 365$$

#### 6.3.1.2 Emisiones anuales de CO<sub>2</sub> (ton)

$$\frac{\text{Ahorro consumo combustible} \left( \frac{\text{anual}}{\text{usuario trayecto}} \right)}{12.011 + 1.008 * rH/C}$$

#### 6.3.1.3 Emisiones anuales de CO<sub>2</sub> (€)

$$\text{Emisiones anuales de CO}_2 \text{ (ton)} * \text{Precio CO}_2 \text{ (€/ton)}$$

### 6.3.2 Vehículos pesados

#### 6.3.2.1 Ahorro consumo combustible anual/usuario/trayecto

$$\left( \frac{\text{Ahorro combustible} \left( \frac{\text{€}}{\frac{\text{usuario}}{\text{trayecto}}} \right) * \text{Precio medio combustible} \left( \frac{\text{€}}{\text{l}} \right) * \text{Densidad media}}{1000000} \right) * 365$$

#### 6.3.2.2 Emisiones anuales de CO<sub>2</sub>

$$44.011 * \frac{\text{Ahorro consumo combustible} \left( \frac{\text{anual}}{\frac{\text{usuario}}{\text{trayecto}}} \right)}{12.011 + 1.008 * r_{H/C}}$$

#### 6.3.2.3 Emisiones anuales de CO<sub>2</sub> (€)

Emisiones anuales de CO<sub>2</sub> (ton) \* Precio CO<sub>2</sub> (€/ton)

- $r_{H/C}$  = relación entre número de átomos de hidrógeno y carbono del carburante (1,8 para gasolina, 2,0 para gasóleo. Se considera 1,96)
- Sabiendo las densidades de la gasolina y del gasoil, 680 y 850 g/l respectivamente, hago la media de ambas → Densidad media = 765g/l
- Precio CO<sub>2</sub> = 4.73 €/ton

## 6.4 PRECIOS DE CONSTRUCCIÓN

Para la obtención del precio final de cada una de las alternativas propuestas no tenemos precios propios de su construcción. Por esta razón habrá que basarse en otros puentes ya construidos de los que se tienen datos como precio final de construcción, peaje y otros datos técnicos como longitud, luz principal, ancho, gálibo de navegación, tráfico, etc... Que son los que servirán de referencia.

Lo que hace que varíen los precios en cada una de las diferentes opciones dadas son algunas de las variables de trazado como gálibo, longitud y vano mayor.

El gálibo de navegación finalmente no variará en ninguna de las propuestas y será de 41m para todas. Al principio se estableció un gálibo de 41m únicamente en las dos primeras alternativas y en las otras dos de 10m. Pero la posibilidad de que fueran 10m fue un error. No se había tenido en cuenta que a pesar de que algunos barcos

comerciales o turísticos no tengan que atravesar obligatoriamente dicho puente habrá otros de gran tamaño que si tengan que hacerlo para ir al astillero para su reparación o mantenimiento.

La longitud en cambio es un parámetro que es inevitable que cambie. Cada alternativa tendrá una longitud diferente variando desde los 2260m a los 4250m en la opción más larga. Esto supondrá la mayor variabilidad del precio.

Por el contrario, el vano mayor de cada caso será similar variando entre 400 y 500m.

Como se decía anteriormente para la estimación del precio se han tomado como referencia cinco grandes puentes (Cádiz, V centenario, Lisboa, Golden Gate y Brooklyn) y en función de su gálibo, longitud y vano mayor se han obtenido el precio en millones de €.

$$\text{Precio (mill. €/mgálibo)} = \frac{\text{Costepuentederefencia 2016 (mill. €)}}{\text{Gálibodenavegación (m)}}$$

$$\text{Precio (mill. €/mlongitud)} = \frac{\text{Costepuentederefencia 2016 (mill. €)}}{\text{Longitud (m)}}$$

$$\text{Precio (mill. €/mvano)} = \frac{\text{Costepuentederefencia 2016 (mill. €)}}{\text{Vano (m)}}$$

Así se tienen tres variables a los cuales se les asigna un coeficiente de ponderación en función de la importancia que se considera. Se sacan tres precios respecto a cada variable, el mínimo, el máximo y el medio, pero para el precio final se utilizará el medio. En este caso al gálibo le corresponderá un coeficiente de 0.15 (15%), a la longitud un 0.75 (75%) y el vano un 0.1 (10%).

*Preciodeconstrucción*

$$\begin{aligned} &= \text{gálibo}(m) * \text{valormedio} \left( \text{mill} \frac{\text{€}}{\text{mgálibo}} \right) * \text{coefponderaciongálibo} \\ &+ \text{longitud}(m) * \text{valormedio} \left( \text{mill} \frac{\text{€}}{\text{mlongitud}} \right) \\ &* \text{coefponderacionlongitud} + \text{vano}(m) * \left( \text{mill} \frac{\text{€}}{\text{mvano}} \right) \\ &* \text{coefponderacionvano} \end{aligned}$$

## 6.5 BENEFICIOS

Lo primero que se hace es establecer una serie de parámetros:

- precio de peaje
- coste de construcción
- coste de proyecto
- coste de asistencia técnica a la Dirección de Obra
- coste de mantenimiento
- coste operacional (personal, maquinaria, equipo y material)

Los cuatro últimos costes serán dependientes del coste de construcción, es decir, que serán proporcionales a este.

Otro parámetro clave será el precio del peaje, la propuesta es de 0.70€/viaje para vehículos ligeros y de 0.91€/viaje para vehículos pesados. El precio que se cobra a los pesados se ha establecido siempre en un 30% más de lo que pagarán los ligeros. Este precio se ha decidido teniendo en cuenta el coste que supone hacer este trayecto, tanto de ida como de vuelta, por la CA-141 y la S-10. Además de haber tenido en cuenta también los ahorros que supone tanto en combustible como en tiempo. Si se pone un peaje mayor del gasto que supone ir por el recorrido existente actualmente la gente no lo usará, no les sale rentable a pesar de que se ahorren tiempo.

### 6.5.1 Ingresos

Se han monetizado una serie de factores, algunos de ellos explicados anteriormente, los que se señalan a continuación serán los que todavía no se han explicado y por lo tanto se hará en este apartado:

- Ahorro de tiempo
- Ahorro de tiempo turismo verano
- Ahorro de combustible
- Ahorro ambiental (emisiones de CO<sub>2</sub>)
- Reducción de atascos en la S-10
- Reducción de accidentes
- Peajes

#### 6.5.1.1 Ahorro de tiempo

El principal ingreso será el ahorro de tiempo que supone la comunicación directa entre un lado y otro de la bahía. Este trayecto se podría realizar por dos caminos, uno de ellos es el existente actualmente, tomando la autopista S-10 seguido de la carretera comarcal Ca-141. Haciendo este recorrido se tarda aproximadamente 30 minutos.

Por el contrario, esta distancia se podría acortar hasta en 15 minutos con la existencia del puente propuesto. Esto supondría un gran acercamiento entre ambas partes de la bahía que junto con el ahorro de tiempo que supone posiblemente se produciría un incremento en el número de trayectos entre una zona y otra.

$$\begin{aligned}
 \text{Ahorrotiempo} &= \text{IMDca} - 141 \left( \frac{\text{veh}}{\text{día}} \right) * \text{Ahorrotiempo} \left( \frac{\frac{\text{€}}{\text{usuario}}}{\text{trayecto}} \right) + \text{IMDca} \\
 &- 141 \left( \frac{\text{veh}}{\text{día}} \right) * \text{Ahorrotiempo} \left( \frac{\frac{\text{€}}{\text{usuario}}}{\text{trayecto}} \right) * \frac{\text{Tiemposahorrado (minutos)}}{60 \text{ minutos}}
 \end{aligned}$$

### 6.5.1.2 Ahorro de tiempo turismo verano

El ahorro de tiempo del turismo, se ha considerado solo durante los dos meses principales del verano, julio y agosto.

Durante este tiempo la población aumenta notablemente y con el buen tiempo más. Esto es un punto que hay que tener en cuenta, por lo que, durante los dos meses de verano se prevé el doble de usuarios y de trayectos, produciéndose un doble ahorro que el resto de meses.

$$\text{IMDca} - 141 \text{ verano} = 2 * \text{IMDca} - 141$$

*Ahorrotiempoturismo verano*

$$\begin{aligned}
 &= \text{IMDca} - 141 \text{ verano} \left( \frac{\text{veh}}{\text{día}} \right) * \text{Ahorrotiempo} \left( \frac{\frac{\text{€}}{\text{usuario}}}{\text{trayecto}} \right) + \text{IMDca} \\
 &- 141 \text{ verano} \left( \frac{\text{veh}}{\text{día}} \right) * \text{Ahorrotiempo} \left( \frac{\frac{\text{€}}{\text{usuario}}}{\text{trayecto}} \right) \\
 &* \frac{\text{Tiemposahorrado (minutos)}}{60 \text{ minutos}}
 \end{aligned}$$

### 6.5.1.3 Ahorro de combustible

La construcción del puente supondría un notable acercamiento entre ambas zonas de la bahía de Santander, reduciendo de este modo la distancia a recorrer. Por lo tanto, se producirá un ahorro de combustible que no se puede dejar sin analizar.

Para su cálculo fue necesario la división de los vehículos en dos tipos, ligeros y pesados, ya que tienen consumos bastante diferentes. Todos estos cálculos se han realizado y se han explicado previamente en este mismo apartado 6.

### 6.5.1.4 Ahorro ambiental

El tráfico es el agente que más contribuye tanto al cambio climático como a la contaminación atmosférica de las ciudades.

Es imprescindible asumir un papel proactivo en esta materia apostando por el transporte intermodal (combinación más eficiente entre distintos medios de transporte por ferrocarril, mar y/o carretera), así como diseñando las rutas para optimizar los

recorridos de manera que se eviten desplazamientos innecesarios y se ahorre tiempo y combustible (Publicaciones, Guia Medio Ambiente, 2016).

Hay que buscar minimizar y reducir el impacto que derivado del desarrollo de sus actividades se origina sobre el medio ambiente, es decir, que se tienda a un Desarrollo Sostenible.

A través del Desarrollo Sostenible se busca lograr un desarrollo económico, social y ambiental equilibrado, que permita a las generaciones futuras disfrutar de un entorno natural, igual o mejor conservado a como lo encontramos nosotros. Para el sector de la construcción minimizar las consecuencias negativas de sus actividades ha de ser prioritario, con el fin de mejorar su competitividad, imagen y calidad de sus servicios.

De forma global, podemos distinguir tres grandes grupos de emisiones a la atmósfera:

- Focos de emisión fijos: se producen en instalaciones de fabricación (hornos, calderas...).
- Partículas sedimentables (polvo): se producen en las instalaciones de extracción y tratamiento de productos minerales (cante ras, plantas de machaqueo...), y en las operaciones de manejo y traslado de materiales pulverulentos (áridos, cemento, escombros), tanto a gran distancia como en la propia obra.
- Humos de motores de combustión: son los humos de escape de la maquinaria y vehículos.

En este caso se monetiza únicamente el punto último de las emisiones atmosféricas nombradas, es decir, los humos de motores de combustión. Este factor es el único que influye en este estudio, ya que focos de emisión no hay y partículas sedimentables tampoco porque no intervienen instalaciones de extracción y tratamiento de minerales(Cámara Santiago de Compostela, Fondo Social Europeo, 2016).

Los humos de combustión es lo que se ha denominado anteriormente como emisiones de CO<sub>2</sub>. Este parámetro ya se tenía calculado anualmente tanto para turismos como para vehículos pesados en toneladas y en euros en el apartado 2.3.

Ahora se calcula el ahorro suponiendo que un 5% de la IMD de la Ca-141 son pesados y un 95% son turismos. Para el ahorro de emisiones de CO<sub>2</sub> se recuerda que se calculó previamente el ahorro de combustible entre el recorrido que se hace por la S-10 y la Ca-141 y el establecido por el puente propuesto.

*Ahorro ambiental*

$$\begin{aligned}
 &= \text{Ahorro emisiones anuales } CO_2 \text{ turistas} \left( \frac{\text{€}}{\frac{\text{usuario}}{\text{trayecto}}} \right) * 0.95 \\
 &* IMD_{ca-141} \left( \frac{\text{veh}}{\text{día}} \right) \\
 &+ \text{Ahorro emisiones anuales } CO_2 \text{ veh pesados} \left( \frac{\text{€}}{\frac{\text{usuario}}{\text{trayecto}}} \right) * 0.05 \\
 &* IMD_{ca-141} \left( \frac{\text{veh}}{\text{día}} \right)
 \end{aligned}$$

### 6.5.1.5 Reducción de atascos en la S-10

Otro parámetro a tener en cuenta como ingreso sería la reducción de atascos en la autopista S-10, que lleva consigo un ahorro económico.

Este ahorro es el generado por todos los usuarios, que se evitan estar en una retención del tráfico o congestión durante un tiempo determinado en este trayecto, así como el combustible perdido en él.

Los ingresos que produce este factor se pueden obtener de varias formas, mediante el uso de gráficos de velocidad, de variación de la IMD o Google Maps. A continuación, se explicarán y analizarán las diferentes formas que se han pensado para su cálculo.

#### 6.5.1.5.1 Opción 1 (Gráfica Intensidad-Velocidad)

La intensidad es la característica fundamental de la circulación, ya que permite caracterizar el tipo de circulación en un tramo viario, por lo que es una variable básica de tráfico.

En esta alternativa se utilizará una gráfica que relaciona la velocidad (km/h) con la intensidad. Se define intensidad de tráfico como el número de vehículos que pasan a través de una sección fija de una carretera por unidad de tiempo. Las unidades más usadas son vehículos/hora (intensidad horaria) y vehículos/día (intensidad diaria).

Normalmente, la intensidad de tráfico viene condicionada por la demanda, que en cada tramo varía considerablemente. Sin embargo, en muchas ocasiones la capacidad de las vías (oferta) condiciona la intensidad, no sólo porque establece un límite absoluto, sino porque al llegarse a determinadas restricciones, la demanda también se ve afectada. (Dirección General de Tráfico, 2016)

Como en este caso únicamente se dispone de la IMD (intensidad media diaria), se hace una estimación para sacar las intensidades máximas por carril en los dos casos

de estudio, sin puente y con puente. Y con ambas situaciones se sacará el ahorro de tiempo de una gráfica intensidad - velocidad.

Datos necesarios:

IMD<sub>S-10</sub> = 67047 veh/día  
 IMD<sub>CA-141</sub> = 10090 veh/día

#### 6.5.1.5.1.1 Sin puente:

De 3.00 a 5.00h se supone que prácticamente no pasan coches ya que las intensidades por la noche son muy bajas, llegando a un valor mínimo en este periodo de tiempo (en base al documento “TEMA\_19\_GESTIÓN TÉCNICA TRÁFICO”). Por este motivo en vez de dividir la IMD entre las 24h del día, se dividirá entre 22 horas obteniendo un resultado de 3047.59 veh/h.

$$\frac{67047 \text{ veh/día}}{22 \text{ h/día}} = 3047.59 \text{ veh/h}$$

Este resultado es en la sección que está formada por 4 carriles, es decir, dos por sentido. Sin embargo, la gráfica utilizada toma intensidades máximas por carril, por lo tanto, es la que se busca.

$$\frac{3047.59 \text{ veh/h}}{4 \text{ carriles}} = 761.897 \text{ veh/h/carril} \approx 762 \text{ veh/h/carril}$$

INTENSIDAD MÁXIMA POR CARRIL será de **762veh/h**.

#### 6.5.1.5.1.2 Con puente:

Uno de los objetivos del puente es reducir los atascos en la S-10, al reducir los atascos se elimina parte del tráfico y con ello se ve reducida su IMD. Suponiendo que la IMD(S-10) se reduce un 80% de la IMD (ca-141), el resultado es una IMD equivalente a 58975 veh/día.

$$67047 \text{ veh/día} - 0.8 * 10090 \text{ veh/día} = 58975 \text{ veh/día}$$

Siguiendo el procedimiento que se hizo en la anterior situación, de 3.00 a 5.00h se supone que prácticamente no pasan coches por lo que se dividirá la IMD entre 22 horas obteniendo un resultado de 2680 veh/h.

$$\frac{58975 \text{ veh/día}}{22 \text{ h/día}} = 2680.68 \text{ veh/h}$$

Como este resultado es por los 4 carriles, se halla el de uno:

$$\frac{2680.68 \text{ veh/h}}{4 \text{ carriles}} = 670.17 \text{ veh/h/carril} \approx 671 \text{ veh/h/carril}$$

INTENSIDAD MÁXIMA POR CARRIL será de **671 veh/h**.

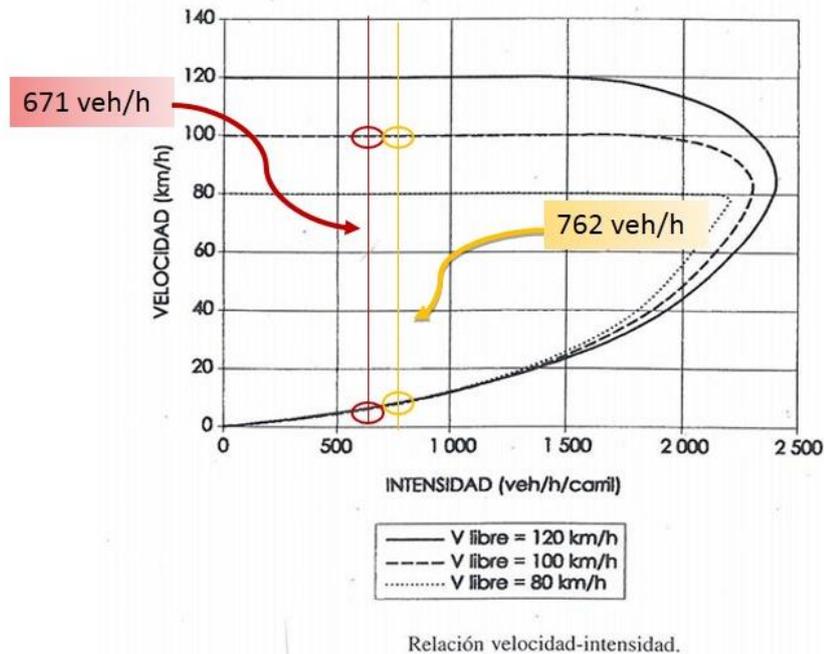


Figura 36. Relación Velocidad-Intensidad

La velocidad libre será de 100 km/h

Para cada intensidad se obtienen dos velocidades:

- Intensidad = 762 veh/h
  - Circulación libre → Velocidad = 100 km/h
  - Circulación congestionada → Velocidad = 10 km/h
- Intensidad = 671 veh/h
  - Circulación libre → Velocidad = 100 km/h
  - Circulación congestionada → Velocidad = 8 km/h

Entre ambas intensidades hay una diferencia de 91 veh/h

Gracias a los datos del IPC del año 2010, la empresa estatal española de Renfe establece el coste de los atascos urbanos en torno a los 58.77 euros por 1000 viajeros/km que equivaldrán a 62.65€ en el año actual, es decir, 2016. (El País Semanal Blogs, 2016)

Si se supone que la intensidad máxima se alcanza 3 veces al día (por la mañana, al mediodía y por la noche), que en general coincidirán con las horas de entrada y salida del trabajo. Por lo tanto, traducido a horas serían 3 horas.

$$\frac{91 \text{ veh}}{h} * \frac{62.65 \text{ €}}{1000 \text{ veh}} * \frac{3 \text{ h}}{1 \text{ dia}} * \frac{365 \text{ dias}}{1 \text{ año}} = 6242.76 \text{ €/año}$$

### 6.5.1.5.2 Opción 2 (Gráfica variación horaria)

$$IMD_{S-10} = 67047 \text{ veh/día}$$

$$IMD_{CA-141} = 10090 \text{ veh/día}$$

#### 6.5.1.5.2.1 Sin puente

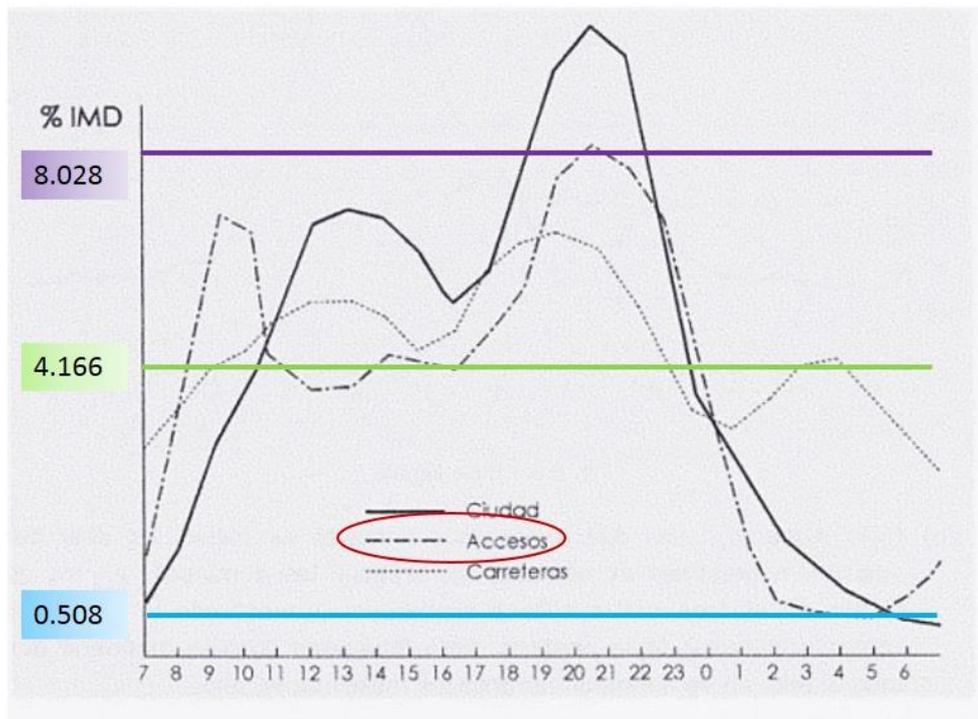


Figura 37. Distribución horaria %IMD

Para llevar a cabo esta opción lo primero que se necesita es el %IMD con la hipótesis de un tráfico constante durante las 24 horas del día. Este será del **4.166%**.

Por el contrario, el tráfico nunca es el mismo a lo largo del día, así que, según su distribución, el pico más alto por lo general se obtiene a las 21h. Para el tipo de vía y accesos que le corresponden, será de un **8.028%**.

Por último, el pico más bajo de tráfico que se produce es aproximadamente a las 5h, tomando un valor de alrededor de **0.508%**.

$$\begin{aligned} \text{Intensidad máxima diaria} &= 0.08028 * IMD = 0.08028 * 67047 \text{ veh/día} \\ &= 5382.53 \text{ veh/día} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Intensidad máxima} &= \frac{5382.53 \text{ veh/día}}{4 \text{ carriles}} = 1345.63 \text{ veh/día/carril} \\ &\approx 1346 \text{ veh/día/carril} \end{aligned}$$

#### 6.5.1.5.2.2 Con puente

Para poder saber el número de coches que pasarán por el puente se tiene que hacer una hipótesis. Se establecerá una  $IMD_{puente}$  del 80% de la  $IMD_{CA-141}$ , viéndose ésta última muy reducida.

$$IMD_{puente} = 0.8 * (IMD_{ca} - 141) = 0.8 * 10090 \text{ veh/día} = 8072 \text{ veh}$$

$$IMD_{nuevaS} - 10 = (IMD_{viejaS} - 10) - (IMD_{puente}) = 67047 - 8072 = 58975 \text{ veh}$$

$$Intensidad_{máxima} = 0.08028 * IMD_{nuevaS} - 10 = 0.08028 * 58975 = 4734.5 \text{ veh}$$

$$Intensidad_{máxima} \text{ por carril} = \frac{4734.5 \text{ veh}}{4 \text{ carriles}} = 1183.62 \text{ veh} \approx 1184 \text{ veh}$$

Entre ambas opciones (sin y con puente) hay una diferencia de 162 veh

$$1346 \text{ veh/día/carril} - 1184 \text{ veh/día/carril} = 162 \text{ veh/día/carril}$$

Gracias a los datos del IPC del año 2010, la empresa estatal española de Renfe establece el coste de los atascos urbanos en torno a los 58.77 euros por 1000 viajeros/km que equivaldrán a 62.65€ en el año actual, es decir, 2016.

El precio de los atascos urbanos en el año 2016 es de 62.65€ por 1000 viajeros/km

$$\frac{162 \text{ veh}}{\text{día}} * \frac{62,65 \text{ €}}{1000 \text{ veh}} * \frac{365 \text{ días}}{1 \text{ año}} = 3704.49 \text{ €/año}$$

#### 6.5.1.5.3 Opción 3 (GOOGLE MAPS - TRÁFICO)

$$IMD_{S-10} = 67047 \text{ veh/día}$$

$$IMD_{CA-141} = 10090 \text{ veh/día}$$

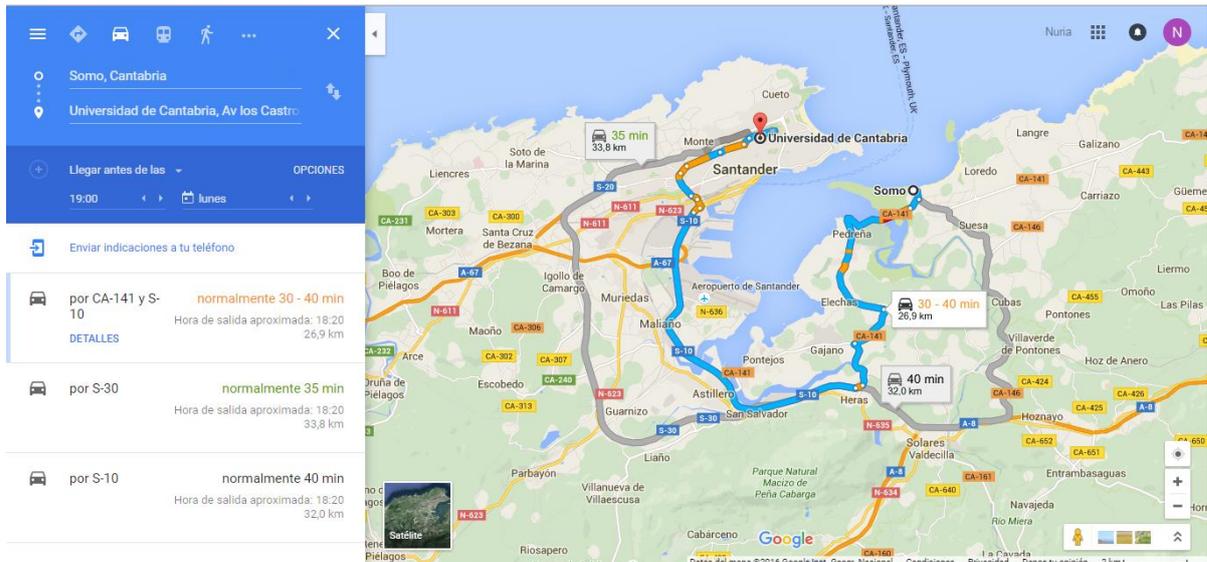


Figura 38. Tráfico trayecto Somo-UC (Google Maps)

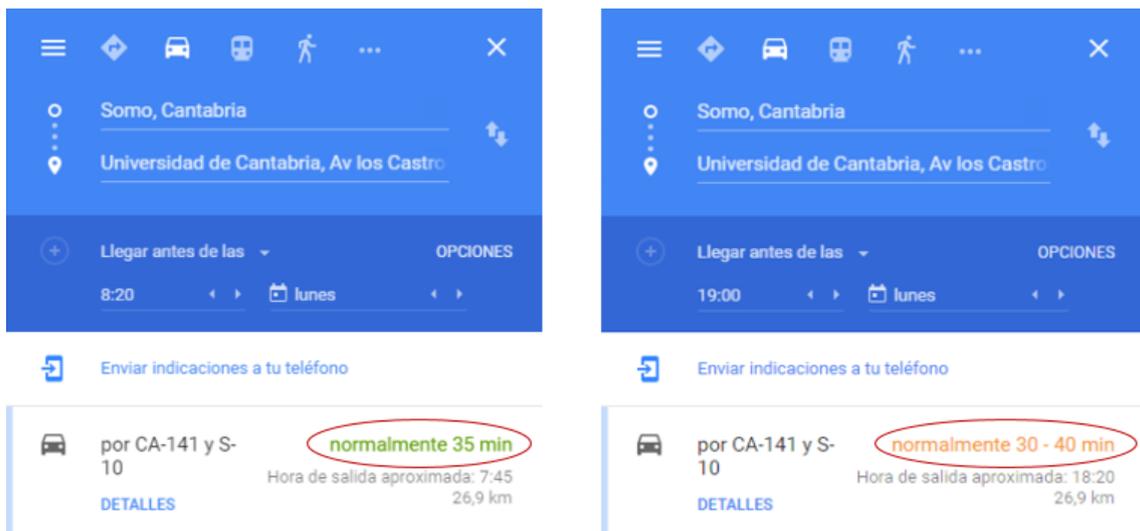


Figura 39. Tiempos de trayecto sin y con atascos

Según Google Maps esta es la peor situación a lo largo de un día normal como por ejemplo el lunes. Si generalmente se tardan 35 minutos, a esta hora se puede tardar hasta 40 minutos y en las horas con menor tráfico en 30 minutos

El precio del tiempo es de 22.34€/h en el año 2002 que actualizado al 2016 equivale a 28.91€/h

Ahorro en 5 minutos de atasco:

$$28.91 \frac{\text{€}}{\text{h}} * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} * 5 \text{ min} = 2.41 \text{ €/usuario/trayecto}$$

Ahorro en 10 minutos de atasco:

$$28.91 \frac{\text{€}}{\text{h}} * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} * 10 \text{ min} = 4.82 \text{ €/usuario/trayecto}$$

Como Google Maps no da el número de coches que pasan ni al día ni a la hora, se toma un número de coches igual a 162. Esta cifra es la misma que la de la opción dos, que es la que se ha tomado de base. Con estos ya se puede saber el ahorro de dinero. Para asegurarse que se está del lado de la seguridad habrá que quedarse con la opción en la que se ahorra menos tiempo, es decir, 5 minutos.

$$162 \frac{\text{veh}}{\text{día}} * \frac{1.86 \frac{\text{€}}{\text{vehículo}}}{\text{trayecto}} * 365 \frac{\text{días}}{1 \text{ año}} = 142503.3 \text{ €/año}$$

#### 6.5.1.5.4 Resumen

	Opción 1 (Gráfica Intensidad-Velocidad)	Opción 2 (Gráfica variación horaria)	Opción 3 (Google Maps)
Ahorro	6242.76 €/año	3.704.49 €/año	142503.3 €/año

**Figura 40. Resumen ahorro en atascos**

Analizando los resultados finales, se desecha la opción 3 por ser demasiado superior y por lo tanto salirse mucho del rango que establecen las otras dos opciones. No se considera coherente.

Una vez eliminado el último método, toca elegir entre la opción 1 y la 2. Se escoge la opción 1 por ser la de mayor ahorro de las dos. Esta es la basada en la gráfica intensidad-velocidad.

Si todas o al menos dos de los resultados hubieran sido más cercanos o parecidos se hubiera hecho una media de ellas y se hubiera tomado este como resultado final como “ahorro en la reducción de atascos”.

Para concluir hay que decir que este parámetro es bastante importante pero no de gran peso económico, por lo que no será muy relevante.

#### 6.5.1.6 Reducción de accidentes

La reducción de accidentes es un punto muy importante a considerar tanto en el aspecto económico como en el humano. El ahorro que se puede producir por parte de las compañías aseguradoras es importante, aunque mucho más lo son las vidas que puedan salvarse.

Se ha realizado un estudio con el número de víctimas mortales y no mortales, así como los heridos leves y graves que se han producido en el último año del que hay datos, es decir, 2015.

En ese último año se han contabilizado 42 accidentes sin víctimas mortales, de los cuales se estima que con la construcción del nuevo puente se reducirán un 50% los accidentes en la S-10.

En estos accidentes hubo 65 heridos, de los cuales se prevé una reducción del 50% los accidentes en la S-10. Un 15% de los heridos son graves, y el resto leves, es decir, 10 heridos graves y 55 leves.

En 2011 los valores oficiales eran 219.000 € para prevenir un herido grave y 6.100 € un herido leve, por lo que en 2016 los valores actualizados serán de 226.884 € y 6.319,60 € respectivamente.

$$42 \text{ accidentes} * 0.5 = 21 \text{ accidentes evitados}$$

$$65 \text{ heridos} * 0.5 = 32 \text{ heridos evitados}$$

$$32 \text{ heridos} * 0.15 = 5 \text{ heridos graves evitados}$$

$$32 \text{ heridos} - 5 \text{ heridos graves} = 27 \text{ heridos leves evitados}$$

Esto se puede traducir monetariamente:

$$5 \text{ heridos graves} * 226884 \text{ €} = 1134420 \text{ €}$$

$$27 \text{ heridos leves} * 6319.6 \text{ €} = 170629.2 \text{ €}$$

Ahorro total:

$$1134420 + 170629.2 \text{ €} = 1305049.2 \text{ €}$$

La cifra total de ahorro asciende a 1.305.049,2 €. Este resultado no es una cifra significativamente alta atendiendo al costo total de la obra, pero en relación al ahorro de vidas humanas cualquier insignificancia es grande.

#### 6.5.1.7 Peajes

Los peajes tendrán un peso muy importante en el conjunto global de los ingresos. Se han establecido dos tipos de peajes según el vehículo sea ligero o pesado. Para el primero se ha establecido un precio de 0.70€ y el del pesado en 0.91€, es decir, es el precio del ligero incrementado en un 30%.

Más adelante se hará un estudio y se explicará más detalladamente como pueden variar los precios de los peajes.

#### 6.5.2 Gastos

Un gasto es un egreso o salida de dinero que una persona o empresa debe pagar para un artículo o por un servicio. (Wikipedia, 2016)

Los gastos que existen se pueden dividir en dos grandes grupos de gastos. Los primeros de los que se habla son los iniciales que serán los derivados de la redacción del proyecto, de la construcción y de la asistencia técnica a la Dirección de Obra.

Estos gastos se distribuirán de diferente forma:

- Los gastos de proyecto se corresponderán al 2% del costo de construcción, este desembolso se dividirá en dos años, antes del comienzo de la construcción.
- La construcción propiamente dicha del puente se estima en cuatro años, por lo que el precio total se ha dividido en dichos cuatro años de forma proporcional, pero esto es más o menos orientativo. Cabe la posibilidad de que estos gastos no sean iguales cada año, sino que un año puede ser perfectamente superior a otro.
- También existirá unos gastos derivado de la asistencia técnica a la Dirección de Obra, es decir, que tendrá lugar durante los cuatro años de construcción del puente. Su precio será similar al gasto de proyecto, aunque un poco inferior, siendo alrededor de un 1.75% el precio de construcción.

A continuación, se explican los segundos tipos de gastos como son el de mantenimiento y el de operación. Ambos están presentes a partir de la finalización de las obras, todos los años de vida del puente habrá que hacer un determinado desembolso para el acondicionamiento del pavimento, mejoras en su estructura, mantenimiento y rehabilitación, etc.

## 7 RESULTADOS

Después de todo el análisis realizado hasta este momento, a continuación, se exponen los datos más significativos de cada una de las diferentes propuestas de la obra.

### 7.1 ALTERNATIVA 1

La alternativa 1 es aquella que propone la conexión entre ambas costas desde la explanada de Gamazo (cerca del Palacio de Festivales de Santander) hasta Pedreña, que quedaría conectado con una rotonda con la Ca-141.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos después de todo el estudio realizado.

Características	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gálibo: 41 m</li> <li>• Longitud puente: 2.26 km</li> <li>• Vano: 500 m</li> </ul>
Ahorro tiempo (Somo - UC)	17 minutos
Ahorro distancia (Somo - UC)	18.74 km
Coste construcción	2034.97737 mill €

**Figura 41. Resultados alternativa 1**

### 7.2 ALTERNATIVA 2

Esta segunda alternativa es similar a la primera en lo que se refiere a las áreas que conecta. En lo que difiere es en la salida de Santander, en vez de estar propuesta en la explanada de Gamazo, esta se localiza en la Avda. Reina Victoria, de esta forma se aprovecha la altura de dicha calle para reducir posteriormente la pendiente del puente.

Los resultados son los expuestos en la siguiente tabla.

Características	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gálibo: 41 m</li> <li>• Longitud: 2.41 km</li> <li>• Vano: 500 m</li> </ul>
Ahorro tiempo (Somo - UC)	17 minutos
Ahorro distancia (Somo - UC)	18.59 km
Coste construcción	2150.08852 mill €

**Figura 42. Resultados alternativa 2**

### 7.3 ALTERNATIVA 3

Esta es una propuesta un poco diferente a las anteriores, en la que se conecta de forma más directa no a las playas sino al centro de la ciudad. Su salida se establece en la intersección de la calle Antonio López con la calle Marqués de la Hermita tocando tierra nuevamente en Pedreña.

Características	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gálibo: 41 m</li> <li>• Longitud: 4.25 km</li> <li>• Vano: 500 m</li> </ul>
Ahorro tiempo (Somo - UC)	8.7 minutos
Ahorro distancia (Somo - UC)	14.15 km
Coste construcción	3562.118625mill €

**Figura 43. Resultados alternativa 3**

### 7.4 ALTERNATIVA 4

El último trazado difiere del resto en que su conexión no se realiza directamente con la ciudad de Santander sino que viene a ser más bien con el Puerto de Raos. Además, acabará en la localidad de Elechas en vez de en Pedreña como se viene viendo en las alternativas anteriores.

Características	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gálibo: 41 m</li> <li>• Longitud: 2.33 km</li> <li>• Vano: 500 m</li> </ul>
Ahorro tiempo (Somo - UC)	7.5 minutos
Ahorro distancia (Somo - UC)	10.2 km
Coste construcción	2088.695907mill €

**Figura 44. Resultados alternativa 4**

### 7.5 RESUMEN COSTES DE CONSTRUCCIÓN

En este gráfico se ve que entre las alternativas 1, 2 y 4 no hay mucha diferencia en el coste de construcción, son prácticamente muy similares. La pequeña diferencia entre ellas es la pequeña variabilidad en la longitud.



**Figura 45. Resumen costes de construcción**

En cambio, la alternativa 3 sale bastante más cara, esto es porque la longitud total es mucho mayor. No salva únicamente la distancia de un punto a otro de la bahía, sino que este tramo se precede de una rampa a lo largo del barrio pesquero que tiene su final en la intersección de Marqués de la Hermida y Antonio López aumentando notablemente la longitud final y con ello la obra a realizar.

La más económica desde el punto de vista de su construcción será entonces la número uno, así como desde el punto de vista de ahorro de tiempo. Aunque si la cuestión fuera el ahorro de tiempo valdría igualmente la alternativa uno y la dos.

Se recuerda que la pequeña diferencia es que la uno va a dar a la explanada de Gamazo mientras que la dos llega a la Avda. Reina Victoria, reduciendo la pendiente del puente. Esto sería un punto a favor de la alternativa número dos teniendo una mayor facilidad técnica.

## 7.6 ANÁLISIS COMPARATIVO

Para comparar los resultados obtenidos de todas las alternativas, es decir, para saber si es viable o no su construcción se recurre a un parámetro llamado VAN (Valor Actual Neto).

Este indicador, también es conocido como valor actualizado neto o valor presente neto cuyo acrónimo es VAN, es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. La metodología consiste en descontar al momento actual (es decir, actualizar mediante una tasa) todos los flujos de caja futuros o en determinar la equivalencia en el

tiempo 0 de los flujos de efectivo futuros que genera un proyecto y comparar esta equivalencia con el desembolso inicial. Dicha tasa de actualización (k) o de descuento (d) es el resultado del producto entre el coste medio ponderado de capital (CMPC) y la tasa de inflación del periodo. Cuando dicha equivalencia es mayor que el desembolso inicial, entonces, es recomendable que el proyecto sea aceptado.

### 7.6.1 Parámetros básicos

El resultado final puede verse afectado seriamente, por lo que habrá que especificar ciertos parámetros que deberán aplicarse durante el proceso de cálculo:

- Tasa de descuento
- Horizonte temporal

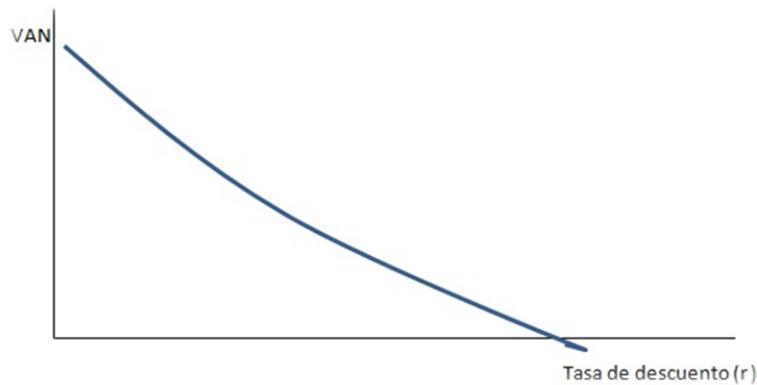
La tasa de descuento o tipo de descuento o coste de capital es una medida financiera que se aplica para determinar el valor actual de un pago futuro.

Se dan dos razones básicas para el empleo del descuento: la productividad del capital y las propias preferencias temporales. La productividad del capital está íntimamente relacionada con el coste de oportunidad del capital. Se puede decir que el uso de cualquier recurso en una actividad supone un coste de oportunidad al no poder utilizar el mismo recurso en otra actividad.

El segundo argumento a favor del descuento es la preferencia humana de obtener los beneficios tan pronto como sea posible. Varias motivaciones se han intentado buscar para explicar esta impaciencia, como el hecho de que puede suceder que en el futuro no seamos capaces de recoger el beneficio esperado, que esos beneficios sean menores que si los recogemos en el presente o que se puede esperar ser más rico en el futuro y por tanto el valor de cada unidad monetaria extra es menos valioso de lo que es en la actualidad.

Para este estudio se ha utilizado una tasa de descuento de un 3.5%. Se ha tomado este valor, basándose en “Nota de servicio 3/2014 sobre preinscripciones 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”. En este documento se aconseja el uso de una tasa de descuento de un 5.5% para los países de Cohesión y del 3.5% en el resto.

Cuanto más elevada sea la tasa de descuento, menor será el VAN y viceversa. Esto será más fácil entendible con la ayuda de la siguiente figura.



**Figura 46. Relación VAN – Tasa de descuento**

Otro parámetro que ha habido que determinar ha sido el periodo de tiempo durante el cual el inversor está dispuesto a mantener invertido su capital, sin que se prevea necesitarlo para otros fines. A esto se le denomina “horizonte temporal de la inversión” que en otras palabras es el tope de tiempo para el que el proyecto deberá estar amortizado. Esta variable se suele expresar en años, y puede ser de tres tipos, a corto (menos de 3 años), medio (3-10 años) o largo plazo (más de 10 años). (El horizonte temporal a la hora de invertir, 2016).

Para este estudio se ha tomado un horizonte temporal de inversión de largo plazo, siendo de 30 años.

Aparte de estos 30 años de conservación y explotación, se quiere destacar que la realización del proyecto se prevé en 2 años y la construcción en 4 años por lo que el estudio abarcará del año 2016 al 2052.

Valor	Significado	Decisión a tomar
$VAN > 0$	La inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida ( $r$ )	El proyecto puede aceptarse
$VAN < 0$	La inversión produciría pérdidas por debajo de la rentabilidad exigida ( $r$ )	El proyecto debería rechazarse
$VAN = 0$	La inversión no produciría ni ganancias ni pérdidas	Dado que el proyecto no agrega valor monetario por encima de la rentabilidad exigida ( $r$ ), la decisión debería basarse en otros criterios,

		como la obtención de un mejor posicionamiento en el mercado u otros factores.
--	--	---

**Figura 47. Significado del VAN**

Cuando el VAN toma un valor igual a 0,  $k$  pasa a llamarse TIR (tasa interna de retorno). La TIR es la rentabilidad que está proporcionando el proyecto.

La fórmula que permite calcular el Valor Actual Neto es:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

**Figura 48. Ecuación VAN**

$V_t$  representa los flujos de caja en cada periodo  $t$ .

$I_0$  es el valor del desembolso inicial de la inversión.

$n$  es el número de períodos considerado.

$k$  es el tipo de interés.

La fórmula para calcular el VAN es sencilla y no requiere cálculos complejos. Además, tiene en cuenta el valor del dinero con el tiempo, por eso se puede aplicar perfectamente tanto a proyectos de larga duración como a proyectos de media y corta duración. El mayor problema de este cálculo es que supone que los flujos de caja anuales se reinvierten de nuevo en el proyecto de inversión, y con la misma tasa de descuento, lo cual no siempre sucede.

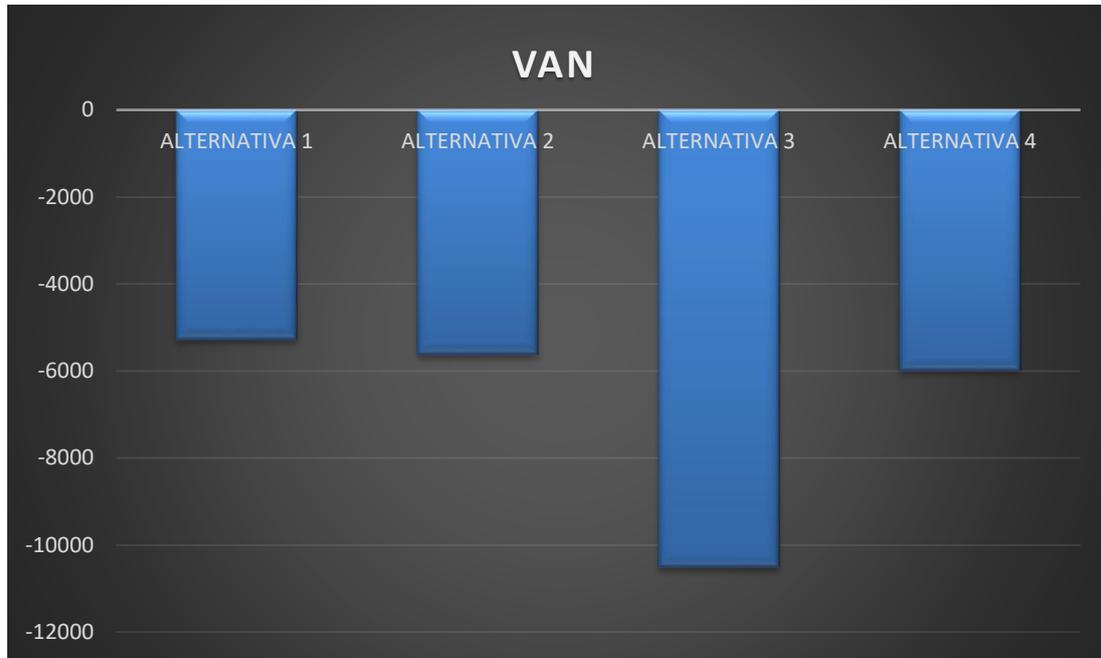
Además, realizar una estimación de los flujos de caja anuales no siempre es sencillo, y puede que una mal valoración de los mismos distorsione el cálculo del valor actual neto, llevando a conclusiones y decisiones erróneas.

De todos modos, y aunque en la evaluación de un proyecto de inversión haya muchas más variables que analizar, como el Payback, o el tiempo que se tardaría en recuperar la inversión inicial, el riesgo o el análisis coste-beneficio, el VAN es un instrumento que proporciona bastante información acerca del plazo de recuperación, rentabilidad y viabilidad de una inversión (Evaluar proyecto de inversión a través del van, 2016).

	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>	<b>Alternativa 3</b>	<b>Alternativa 4</b>
<b>VAN</b>	<b>-5279.429243</b>	-5639.341063	-10520.74421	-5991.706797

**Figura 49. Tabla resultados VAN**

En este análisis, el VAN sale negativo en todas las alternativas, por lo tanto no sale rentable y no se obtendrá ningún beneficio por su construcción, por el contrario si llevará consigo una serie de pérdidas.



**Figura 50. Gráfica resultados VAN**

Para que saliera rentable habría únicamente una forma de conseguirlo pero que no es para nada viable. Esto se conseguiría a través de la variación del peaje que es el principal ingreso que se tendría.

Se ha hecho un análisis en el que se ha establecido como hipótesis que el valor del VAN sea cero. Esto se ha hecho cambiando el valor del peaje tanto para vehículos ligeros como para pesados, ya que el precio para los pesados es el de los ligeros pero aumentado en un 30%.

Así se obtendrán los siguientes resultados:

<b>Hipótesis: VAN=0</b>				
<b>Peaje</b>	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>	<b>Alternativa 3</b>	<b>Alternativa 4</b>
<b>Veh. ligeros</b>	90.227277 €	96.330575 €	179.108223 €	102.305907 €
<b>Veh. Pesados</b>	117.295461 €	125.22974 €	232.840690 €	132.997679 €

**Figura 51. Precios mínimos del peaje para VAN=0**

Para no perder dinero se tendrían que poner estos precios en los peajes como mínimo, es decir, la obra sería rentable a partir de estos precios hacia arriba. Pero como es de suponer, es impensable poner estos precios.

## 8 CONCLUSIONES

Tras la elaboración de este estudio de viabilidad realizado sobre el puente de conexión de la bahía de Santander, resulta esencial atender a las dos últimas figuras, la Figura 47 y la 48 pertenecientes al apartado de “Resultados”. Con ambas figuras se puede resumir de forma global el resultado al que se ha llegado con todo el análisis realizado previamente.

En primer lugar, se obtiene un VAN negativo en cualquiera de las alternativas, por lo tanto, no hay rentabilidad sea cual sea el caso. En otras palabras, no se recogería ningún beneficio. Por lo que se llega a la conclusión de que no merece la pena llevar a cabo este proyecto. Ninguna empresa ni administración pública debería realizar una obra sabiendo que se va a perder dinero.

En segundo lugar, se ha analizado el precio del peaje que sería necesario para que al menos no se perdiera dinero. Los precios obtenidos son excesivamente elevados, llegando en algún caso a valores de hasta 230 € aproximadamente. Este precio es impensable que lo pague nadie.

Así que la conclusión final es un rotundo no a la construcción de dicha obra. Jamás se llegaría a conseguir su amortización.

Por otro lado, cabe señalar que no se han monetizado todos los impactos, ya que algunos son muy difíciles de obtener.

Como se ha explicado en el apartado tres, “Caso de Estudio”, este puente daría un crecimiento a Santander en sentido Este, llevando consigo un aumento de la población en la parte de Somo, Pedreña, etc, es decir, en toda el área de Marina de Cudeyo y Medio Cudeyo. Toda esta población estaría más cerca de Santander lo que posiblemente se transformaría en un crecimiento económico en el sector comercial y en el sector turístico. Pero esto es muy difícil de valorar económicamente, debería de tener un grandísimo impacto en este aspecto para que contrarrestara la nula rentabilidad que tiene con todo lo analizado.

Resulta importante puntualizar sobre el hecho de que lo estudiado y analizado aquí, es una representación muy específica referida a unos valores de los parámetros muy concretos. Es por ello, que cualquier fluctuación de los parámetros críticos generara una variación de la rentabilidad del proyecto de carácter sustancial.

Finalmente, quisiera hacer una reflexión de carácter personal.

Tras varios años estudiando esta carrera, una adquiere una visión bastante amplia de lo que es la Ingeniería Civil. Conocimientos de cálculo, mecánica y física resultan armas clave para enfrentarse a la construcción, diseño o mantenimiento de una gran cantidad de tipología de infraestructuras.

No obstante, considero que, indagar en lo que ocurre detrás de esas vistosas obras constructivas, es una tarea que resulta de gran utilidad para cualquier titulado en

ingeniería. Ser capaz de describir las diferentes alternativas, de conocer su efectividad; de enumerar, medir y valorar costes y beneficios, así como de hacer una consideración del riesgo o incertidumbre, son las pautas que consiguen que, hacer un análisis coste-beneficio sea sinónimo de ampliar la perspectiva global sobre lo que cualquier obra de ingeniería lleva consigo.

## 9 BIBLIOGRAFÍA

- Análisis coste beneficio aplicado al medioambiente.* (s.f.). Obtenido de Revista Multidisciplinar: <http://site.ufvjm.edu.br/revistamultidisciplinar/files/2014/10/EI-an%C3%A1lisis-coste-beneficio-aplicado-al-medioambiente.pdf>
- Cámara Santiago de Compostela, Fondo Social Europeo.* (20 de Julio de 2016). Obtenido de Fundación Biodiversidad: <http://www.camaracompostela.com/mambiente/BPMA.construccion.pdf>
- Dirección General de Tráfico.* (14 de Abril de 2016). Obtenido de [http://www.dgt.es/Galerias/la-dgt/empleo-publico/oposiciones/doc/2013/TEMA\\_10\\_Parte\\_Comun\\_mov\\_segura65g.doc](http://www.dgt.es/Galerias/la-dgt/empleo-publico/oposiciones/doc/2013/TEMA_10_Parte_Comun_mov_segura65g.doc).
- El horizonte temporal a la hora de invertir.* (Julio de 2016). Obtenido de Ámbito financiero: <http://ambito-financiero.com/horizonte-temporal-invertir/>
- El País Semanal Blogs.* (20 de Julio de 2016). Obtenido de <http://blogs.elpais.com/ecolab/2011/06/cuanto-cuestan-los-atascos-de-trafico.html>
- Evaluar proyecto de inversion a través del van.* (25 de Agosto de 2016). Obtenido de BBVA con tu empresa: <http://www.bbvacontuempresa.es/a/evaluar-proyecto-inversion-a-traves-del-van>)
- Instituto Nacional de Estadística.* (s.f.). Obtenido de <http://www.ine.es/calcula/>
- Instituto Nacional de Estadística.* (8 de Abril de 2016). Obtenido de <http://www.ine.es/calcula/>
- Ministerio de Fomento.* (22 de Marzo de 2016). Obtenido de [http://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/EA3AF06D-F881-469D-98A3-0988ACB58449/124518/NS\\_32014.pdf](http://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/EA3AF06D-F881-469D-98A3-0988ACB58449/124518/NS_32014.pdf)
- Ortega, S. T. (16 de Agosto de 2016). *Revista Multidisciplinar.* Obtenido de <http://site.ufvjm.edu.br/revistamultidisciplinar/files/2014/10/EI-an%C3%A1lisis-coste-beneficio-aplicado-al-medioambiente.pdf>
- Otero, P. A. (8 de Agosto de 2016). *Enseñanzas técnicas, Ingeniería Técnica de Topografía.* Obtenido de Escuela Politécnica Superior de Avila: <http://ocw.usal.es/enseñanzas-tecnicas/ingenieria-civil/contenido/TEMA%207-%20PUENTES.pdf>
- Publicaciones, Guia Medio Ambiente.* (25 de Julio de 2016). Obtenido de UGT: [http://www.ugt.es/Publicaciones/guiamambiente\\_UGT3folleto.pdf](http://www.ugt.es/Publicaciones/guiamambiente_UGT3folleto.pdf)
- Transporte terrestre, informacion estadística.* (Julio de 2016). Obtenido de Ministerio de Fomento: [http://www.fomento.gob.es/mfom/lang\\_castellano/direcciones\\_generales/transp\\_orte\\_terrestre/\\_informacion/informacion\\_estadistica/definiciones.htm](http://www.fomento.gob.es/mfom/lang_castellano/direcciones_generales/transp_orte_terrestre/_informacion/informacion_estadistica/definiciones.htm)

*Universidad del Oacífico, Centro de investigación.* (15 de Julio de 2016). Obtenido de [http://www.mef.gob.pe/contenidos/inv\\_publica/docs/estudios\\_documentos/estudios/ValorSocialTiempo.pdf](http://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/estudios_documentos/estudios/ValorSocialTiempo.pdf)

*Wikipedia.* (14 de Agosto de 2016). Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Puente\\_Golden\\_Gate](https://es.wikipedia.org/wiki/Puente_Golden_Gate)

*Wikipedia.* (14 de Agosto de 2016). Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Puente\\_de\\_Brooklyn](https://es.wikipedia.org/wiki/Puente_de_Brooklyn)

*Wikipedia.* (14 de Agosto de 2016). Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Puente\\_25\\_de\\_Abril](https://es.wikipedia.org/wiki/Puente_25_de_Abril)

*Wikipedia.* (14 de Agosto de 2016). Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Puente\\_del\\_V\\_Centenario](https://es.wikipedia.org/wiki/Puente_del_V_Centenario)

*Wikipedia.* (14 de Agosto de 2016). Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Puente\\_de\\_la\\_Constituci%C3%B3n\\_de\\_1812](https://es.wikipedia.org/wiki/Puente_de_la_Constituci%C3%B3n_de_1812)

*Wikipedia.* (17 de Julio de 2016). Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Gasto>

*Wikipedia.* (18 de Agosto de 2016). Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Municipios\\_de\\_Cantabria](https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Municipios_de_Cantabria)

*Wikipedia.* (18 de Agosto de 2016). Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/S-20>

*Wikipedia.* (18 de Agosto de 2016). Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/S-30>

*Wikipedia.* (18 de Agosto de 2016). Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/S-10>