

Dirección Integrada de Proyectos

Curso 2023/24

ETSII UPM



Grupo 4

Jorge Calvo Arroyo - 17069

Alejandro García Frutos - 18128

Álvaro Morales Sánchez - 18240

Pedro Jesús Planet López - 18283

Adrián Vázquez Castillejos - 18350

Jose Antonio Yáñez González-Cuéllar - 18363

Tabla de contenido

1. Acta de Constitución del Proyecto	4
1.1. Necesidad y Objetivos del proyecto.....	4
1.2. Acta de Constitución del Proyecto	5
1.2.1. Título y Descripción del Proyecto.....	5
1.2.2. Constitución del Equipo	5
1.2.3. Principales Hitos del Proyecto	5
1.2.4. Recursos Preasignados.....	6
1.2.5. Interesados.....	6
2. Requisitos producto	7
3. Requisitos proyecto	10
4. Enunciado del alcance del proyecto	12
4.1. Descripción de alcance.....	12
4.2. Entregables.....	12
4.3. Criterios de aceptación.....	12
4.4. Exclusión.....	13
4.5. Hipótesis de partida.....	13
5. EDP	14
6. Diccionario de la EDP	15
6.1. Estudios previos y viabilidad	15
6.1.1. Estudio económico	15
6.1.2. Estudio de impacto ambiental	15
6.1.3. Estudio de viabilidad técnica	15
6.1.4. Estudio de maquinaria	15
6.2. Ingeniería	16
6.2.1. Ingeniería básica.....	16
6.2.2. Ingeniería de detalle	16
6.2.3. Ingeniería de Proceso	16
6.3. Construcción	16
6.4. Compras.....	17
6.4.1. Maquinaria	17
6.4.2. Contratación	17
6.4.3. Material de Apuntalamiento, construcción y auxiliar	17
6.5. Dirección del Proyecto	17
6.5.1. Planificación y Alcance.....	17
6.5.2. Gestión de Calidad	17

6.5.3. Gestión de Tiempos y Costes	18
6.5.4. Gestión de Riesgos	18
6.5.5. Plan de Seguridad y Contingencias.....	18
6.5.6. Análisis de Riesgos	18
6.6. Administración	18
6.6.1. Licencias y Permisos.....	18
6.6.2. Impuestos y Gestión financiera	19
6.6.3. Coordinación Internacional	19
7. Gestión de tiempos.....	20
7.1. GANTT.....	20
8. Gestión de costes.....	25
8.1. Costes	25
8.1.1. Gestión de Compras.....	25
8.1.2. Construcción y pruebas.....	25
8.1.3. Revisión y puesta en marcha.....	25
8.1.4. Reservas (de contingencias y de gestión).....	25
8.1.5. Presupuesto total.....	26
8.2. Curva de la S	26
8.3. Requisitos de financiación	27
9. Gestión de recursos	28
9.1. Organigrama	28
9.2. Matriz RACI.....	28
9.3. Roles y Funciones	29
9.3.1. Metodología Scrum	30
10. Gestión de calidad	31
10.1. Definición de métricas de calidad (KPI)	31
10.2. Planificación de actividades de gestión de calidad	33
10.3. Herramientas de calidad. Diagrama causa efecto.	34
10.4. Checklist.....	34
11. Gestión de riesgos	37
11.1. Identificación y categorización de riesgos	37
11.2. Matriz de Riesgos	37
12. Plan de gestión de comunicaciones	40
12.1. Elemento de comunicación	42
13. Plan de adquisiciones.....	44
14. Bibliografía	45

1. Acta de Constitución del Proyecto

1.1. Necesidad y Objetivos del proyecto

La principal necesidad del proyecto es la comunicación vía terrestre entre el Reino Unido y el resto de Europa. El principal problema que genera dicha carencia se ve reflejado en el comercio, ya que al no disponer de esta opción de transporte puede suponer un mayor coste además de disponer de menor flexibilidad. Reino Unido, pese a su salida de la UE, aún focaliza gran parte de su comercio en la UE, concretamente un 43%. También se puede ver reflejada dicha ausencia de comunicación en el transporte de pasajeros o personas. En Europa se estima que el transporte de mercancías vía carretera aumente un 3.57%, siendo ya del 44% con respecto del 41% del transporte marítimo y 8% del ferroviario. En cuanto a la importancia de los turismos, suponen entre el 80% y 90% del transporte de viajeros entre Estados miembros de la UE.

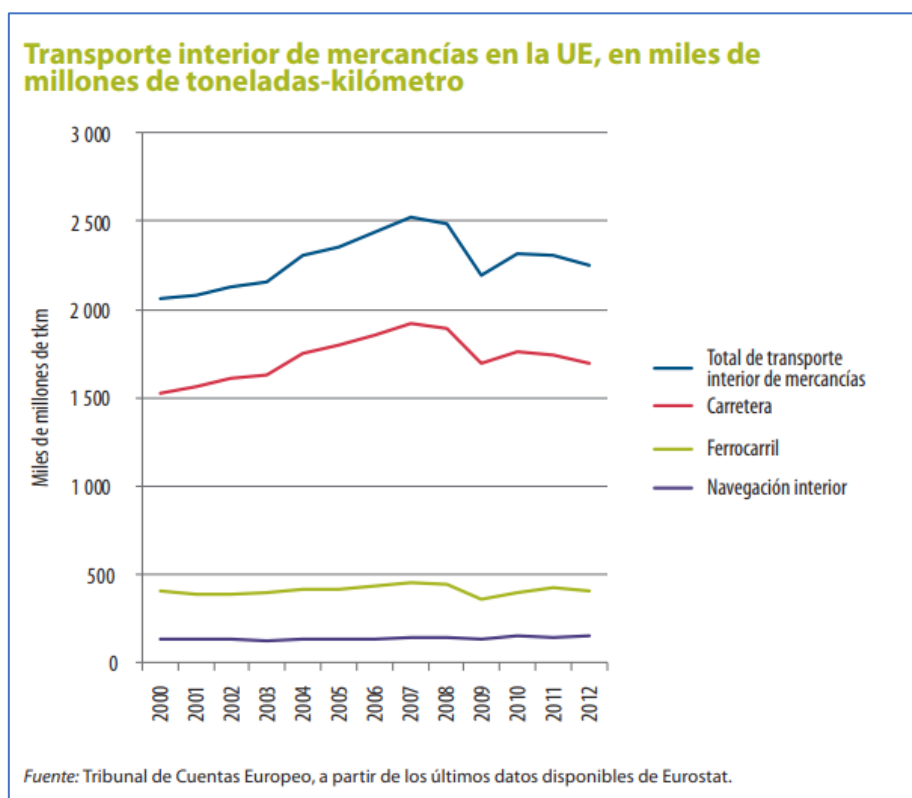


Gráfico 1. Transporte Interior de Mercancías en la UE

Para resolver el problema mencionado se abre la opción de comunicar Reino Unido con Francia, siendo este el país vecino más próximo, a través del Canal de La Mancha. Como el principal beneficio que se busca de este proyecto es la opción de una nueva vía de transporte de productos, se opta por la opción ferroviaria. Esta está consolidada dentro del transporte de mercancía pesada por su velocidad y flexibilidad en los horarios, baja tasa de siniestralidad, capacidad de evitar la congestión del tráfico, menor contaminación y costes. El coste total de cada kilómetro de autopista se estima que son entre 6,2 millones de autóvia a 11 de autopistas, para el montaje de vías, únicamente, se estima que se destinan entre 1,7 y 2 millones. Como en esta situación concreta, para ambas infraestructuras habría que preparar el terreno con excavaciones, dichos costes aumentarían, pero serían menores para el caso ferroviario.

Además, en dichos trenes, por su diseño y capacidad podrán transportarse vehículos personales para de esta manera habilitar este medio de transporte para ciudadanos de ambos lados del canal. Se estima que tras sus 10 primeros años de vida cerca de 150 millones de personas hayan empleado dichas infraestructuras.

1.2. Acta de Constitución del Proyecto

1.2.1. Título y Descripción del Proyecto

M2/G4 TUNNEL

El proyecto busca habilitar la posibilidad de comunicación vía terrestre entre el Reino Unido y el resto de Europa, concretamente a través de Francia. Para ello se opta por la construcción de tres túneles, dos de ellos utilizados para el transporte de personas o mercancías y el otro restante será empleado para mantenimiento y emergencias. Todos ellos comunicados entre sí a través de distintas pasarelas.

El proyecto supone un reto ingenieril por los desafíos que supone la excavación en zonas marítimas con una distancia cercana a los 50 km. Todo ello siempre garantizando la seguridad del túnel, pasajeros y trabajadores.

1.2.2. Constitución del Equipo

Roles

- **Alejandro García Frutos - Director del Proyecto:** Encargado de la coordinación del personal del proyecto, la toma de decisiones críticas y división básica de tareas.
- **José Antonio Yáñez González-Cuellar - Responsable de Recursos Humanos:** La persona que estará detrás del proceso de selección de personal, gestión y coordinación de equipos.
- **Pedro Jesús Planet López - Responsable Financiero:** Encargado de contrataciones, subcontrataciones, elaboración y cumplimiento de presupuestos, compras y todo lo relacionado con la economía del proceso.
- **Álvaro Morales Sánchez - Responsable Obra:** Encargado de gestionar el equipo de ingenieros que construirá el túnel y llevarán a cabo un plan de construcción.
- **Adrián Vázquez Castillejo - Responsable Legal:** Encargado de la coordinación de los ingenieros o consultores del marco legal para cumplir con las normativas, requisitos legales y documentos a entregar o redactar, durante los distintos periodos del proyecto.
- **Jorge Calvo Arroyo - Responsable de Seguridad:** Encargado de mantener una coordinación de todo el equipo que mantenga fuera de cualquier peligro o riesgo a los trabajadores y al proyecto en cualquier circunstancia.

Compromiso

Todos los responsables junto al director del proyecto se comprometen a tener reuniones semanales entre ellos y otra junto con los responsables de las distintas tareas que hayan desglosado. Además, se comprometen a llevar buena praxis y profesionalidad en todo momento.

1.2.3. Principales Hitos del Proyecto

En esta primera etapa de organización del proyecto se van a fijar los siguientes hitos a gran escala.

- Comenzar las excavaciones

- Terminar las excavaciones
- Empezar la construcción de las instalaciones ferroviarias
- Terminar la instalación ferroviaria
- Tener habilitadas las instalaciones auxiliares
- Finalización de la obra
- Terminar la supervisión de los sistemas de seguridad
- Abrir y comenzar el uso del proyecto

1.2.4. Recursos Preasignados

Los siguientes recursos expuestos serán una estimación debido a la fase temprana en la que se encuentra el proyecto.

- Equipo de dirección: 6 ingenieros
- Alrededor 8000 obreros
- Cerca de 12 tuneladoras
- Presupuesto inicial de 4500 millones de euros, estimando un coste total de 15000 millones de euros.

1.2.5. Interesados

Los grupos beneficiados por la implementación de este proyecto son:

- Transportistas o empresas de transporte.
- Exportadores e importadores de ambos lados.
- Personas de Europa o Reino Unido con necesidad o idea de viajar por carretera y con un turismo.
- Usuarios o consumidores de algún producto de diferente localidad o productos cuya oferta y demanda se vea afectada por dicha conexión

2. Requisitos producto

El producto es el túnel. En la Figura 1 se muestra la matriz de trazabilidad de requisitos del producto. Están subdivididos en tres grupos principales, diferenciados por colores en la tabla:

- Azul: correspondiente a los requisitos de dimensionamiento y posicionamiento del túnel.
- Verde: requisitos de funcionamiento y operación.
- Amarillo: requisitos de seguridad y comunicación.

Todos estos requisitos están asociados al entregable de viabilidad técnica. A continuación, se van a explicar más en detalle.

Matriz de Trazabilidad de Requisitos del PRODUCTO			
ID	Descripción del requisito	Objetivo	Entregable
1.1	Longitud del túnel de 50,5 km con 39 km bajo el nivel del mar	Poder comunicar las ciudades de Calais y Folkestone	Viabilidad técnica
1.2	Se deben tener dos túneles de 7.5 metros de diámetro dirigidos al transporte ferroviario (ida y vuelta)	Permitir el transporte en ambos sentidos de trenes	
2	El túnel debe ser capaz de manejar grandes volúmenes de tráfico, para lo cual será importante el dimensionamiento y mantenimiento de las instalaciones y el control de la operatividad	Tener una red de transporte de calidad y rentable	
3	Posicionamiento del túnel bajo el lecho marino (Eurotúnel a una profundidad entre 45 y 70 metros)	Evitar filtraciones y facilitar el diseño	
4.1	Se debe tener un túnel (4.8 metros de diámetros en el Eurotúnel) que permita el correcto mantenimiento de las infraestructuras	Mantenimiento de las infraestructuras	
4.2	Se debe unir el túnel de mantenimiento con los otros dos mediante conductos transversales auxiliares que permitan el mantenimiento (cada 375 metros en el Eurotúnel)	Asegurar que el túnel es accesible para inspecciones regulares y que los equipos necesarios estén disponibles para mantener el túnel en condiciones óptimas	
5	Aguantar los esfuerzos (tanto estáticos como dinámicos) debidos a las condiciones extremas. Se necesita una alta estabilidad geotécnica, a conseguir mediante un correcto diseño y construcción del túnel	Integridad estructural, resistir presión marítima, corrientes marinas y actividades sísmicas	
6	Impermeabilidad. Se deben evitar posibles filtraciones que puedan comprometer la seguridad del túnel y su normal operatividad	Conservar la seguridad y correcta operatividad del túnel	
7.1	Se debe diseñar y construir una infraestructura ferroviaria	Permitir el transporte ferroviario	
7.2	La infraestructura ferroviaria debe ser segura	Seguridad ferroviaria	
7.3	Se debe desarrollar un sistema de control y de comunicación para el correcto funcionamiento ferroviario	Control y comunicación	
8	Se debe implementar un sistema de ventilación que mantenga una buena calidad del aire. Cada 250 metros los tres túneles se conectarán mediante conductos de ventilación.	Buena calidad del aire y seguridad frente a incendios	
9.1	Sistemas de detección, extinción y evacuación para garantizar la seguridad de los pasajeros y el personal en caso de emergencia	Seguridad frente a incendios	
9.2	Instalación de salidas de emergencia, pasillos seguros y de evacuación	Seguridad y rápida evacuación	
10	Sistema de control y comunicación para detectar cualquier incidencia y coordinar la respuesta, incluyendo señalización y monitorización a tiempo real	Seguridad	

Figura 1: Matriz de trazabilidad de requisitos del producto

- **Longitud y posicionamiento:** Se quieren conectar las ciudades de Calais, en Francia, y de Folkestone, en Inglaterra, que están a una distancia en línea recta de 49,32 km. Para ello, la longitud del túnel debe ser superior, en este caso de 50,5 kilómetros finalmente. La mayoría del túnel estará sumergido (en el Eurotúnel 39 km discurren bajo el mar, a una profundidad de 40 a 75 metros).

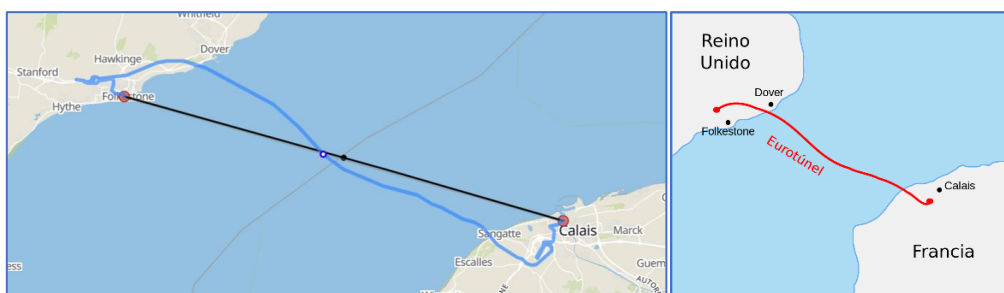


Figura 2. Recorrido del Eurotúnel

- **Integridad estructural:** El túnel estará sometido a condiciones extremas al estar ubicado bajo el mar, por lo que debe poder aguantar grandes esfuerzos, tanto

estáticos como dinámicos. Estará expuesto a la presión del mar, corrientes marinas y actividad sísmica. Se deben utilizar materiales y métodos de construcción adecuados.

- **Requisitos dimensionales para dar cabida a los trenes:**
 - Los coches y otros vehículos se cargan en trenes: Estos trenes requieren unas dimensiones mínimas.
 - Para el transporte ferroviario se deben tener dos túneles (ida y vuelta) de 7.6 metros de diámetro para dar cabida a los trenes.
- **Capacidad:** El túnel debe ser capaz de manejar grandes volúmenes de tráfico.
- **Estabilidad geotécnica:** Se deben estudiar las características del suelo y lecho marino para tenerlas en cuenta durante el diseño y construcción del túnel.
- **Impermeabilidad:** Imprescindible que el túnel sea impermeable para evitar filtraciones que comprometan la seguridad del túnel y su normal operatividad.
- **Relacionado con el transporte ferroviario:**
 - Seguridad ferroviaria.
 - Infraestructura ferroviaria.
 - Control y comunicación.
- **Mantenimiento y operatividad:** Se debe asegurar que el túnel es accesible para inspecciones regulares y que los equipos necesarios estén disponibles para mantener el túnel en condiciones óptimas. Para ello, se debe tener un tercer túnel, de mantenimiento, de 4.8 metros de diámetro preparado para la circulación de vehículos eléctricos. Cada 375 metros el túnel de mantenimiento se une con los otros dos mediante conductos transversales auxiliares que permiten realizar el mantenimiento.
- **Ventilación:**
 - Se necesita un sistema de ventilación para mantener condiciones adecuadas de aire dentro del túnel, tanto para la seguridad como para la comodidad de los pasajeros y el personal. Esto incluye la capacidad de manejar situaciones de emergencia, como incendios.
 - Los tres túneles (2 ferroviarios + 1 mantenimiento) están unidos cada 250 metros por conductos de ventilación que permiten que haya una corriente de aire para disminuir la presión, evitando así también la propagación del humo en caso de incendio, así como el choque por la resistencia aerodinámica al cruzarse los trenes que circulan a 140 km/h.
- **Seguridad:**
 - Contra incendios: se deben tener medidas de seguridad contra incendios, incluyendo sistemas de detección de incendios, extinción y evacuación, para garantizar la seguridad de los pasajeros y el personal en caso de emergencia.
 - Accesibilidad y evacuación: El túnel debe ser diseñado para permitir una evacuación rápida y segura en caso de emergencia. Esto implica la instalación de salidas de emergencia, pasillos seguros y sistemas de iluminación de respaldo.

- **Sistemas de comunicación y control:** El túnel debe contar con sistemas de comunicación y control avanzados para monitorear el tráfico, detectar cualquier problema o emergencia, y coordinar la respuesta apropiada. Esto incluye sistemas de señalización, comunicación de emergencia y monitoreo en tiempo real.

3. Requisitos proyecto

En cuanto al proyecto, la Figura 3 muestra la matriz de trazabilidad de requisitos del proyecto. A continuación, se explican estos requisitos. Cada uno de ellos se corresponde a un entregable diferente, visible en la última columna de la tabla.

Matriz de Trazabilidad de Requisitos del PROYECTO			
ID	Descripción del requisito	Objetivo	Entregable
1	Conseguir un acuerdo entre Francia e Inglaterra para iniciar el proyecto	Comenzar el proyecto	-
2	Fuentes de financiación, en el caso del Eurotúnel fueron todas privadas, a cambio de la concesión de la explotación hasta 2052	Financiación	4, 6
3	Llevar a cabo una correcta coordinación entre todas las áreas involucradas en el proyecto, así como entre países. Es especialmente crítica la coordinación en este proyecto (unión de los túneles por cada lado)	Gestión de la integración	10
4	Definir, validar y controlar el alcance del proyecto	Gestión del alcance	1
5	Se necesita una planificación detallada y un cronograma para coordinar todas las actividades del proyecto. Las obras del proyecto del Eurotúnel comenzaron a finales de 1987, y se tenía planeado terminar en mayo de 1993. Finalmente el túnel empezó a operar en mayo de 1994	Gestión de tiempo	12
6.1	Elaboración de presupuestos detallados. En un principio para el Eurotúnel se estimó un coste de 4.65 mil millones de libras esterlinas	Gestión de costes	6
6.2	Gestión eficiente de los costes durante las diferentes fases del proyecto. Finalmente el coste del proyecto del Eurotúnel fue de 15 mil millones de libras	Gestión de costes	6
7	Identificar, evaluar y gestionar los riesgos potenciales durante la construcción y operación del túnel, lo que implica la implementación de estrategias de mitigación de riesgos y la elaboración de planes de emergencia y seguridad. A evitar el agotamiento por un exceso de horas de trabajo	Gestión de riesgos/seguridad	3
8	Definir unos indicadores de la calidad de las tareas y llevar un correcto seguimiento	Gestión de la calidad	10
9	Contratación, formación, y gestión de todo el personal	Gestión de recursos humanos	9
10	Se necesita una red de comunicaciones tanto interna (que permita el buen funcionamiento del túnel) como externa (con los diferentes grupos de interés)	Gestión de comunicaciones y de grupos de interés	13
11	Se necesitan adquirir espacios, materiales, maquinaria...	Gestión de compras	7,8
12	Llevar a cabo un plan de sostenibilidad, reduciendo el impacto del proyecto	Sostenibilidad	11
13	Permisos de construcción, normativa medioambiental, normativa de seguridad marítima y ferroviaria, normativa de seguridad laboral, normativa de seguridad contra incendios, de seguridad eléctrica, de acceso y seguridad en al construcción y gestión de residuos, normativa europea...	Cumplimiento de normativa	5

Figura 3: Matriz de trazabilidad de requisitos del proyecto

- **Acuerdo entre Inglaterra y Francia:** es necesario un primer acuerdo entre las partes involucradas para comenzar el proyecto.
- **Financiación:** para poder llevar a cabo el desarrollo del proyecto. En el caso del proyecto real, la mayor parte de la financiación fue privada, a cambio de la concesión de la explotación del Eurotúnel hasta 2052.
- **Gestión de la integración:** es esencial coordinar correctamente todas las partes del proyecto desde un primer momento. Debido a la magnitud de este proyecto, la organización y coordinación son especialmente críticas.
- **Gestión del alcance:** se debe definir, validar y controlar el alcance del proyecto
- **Gestión del tiempo:** se necesita una planificación detallada y un cronograma para coordinar todas las actividades del proyecto. Muy relacionado con la integración del proyecto. A modo de ejemplo, las obras del proyecto real del Eurotúnel comenzaron a finales de 1987, y se tenía planeado terminar en mayo de 1993. Finalmente, el túnel empezó a operar en mayo de 1994.
- **Gestión de costes:**
 - Elaboración de presupuestos detallados. En un principio, para el Eurotúnel real se estimó un coste de 4.5 mil millones de euros.
 - Gestión eficiente de los costes durante las diferentes fases del proyecto. Finalmente, el coste del proyecto real del Eurotúnel fue de 14 mil millones de euros.

- **Gestión de riesgos:** Se deben identificar, evaluar y gestionar los riesgos potenciales durante la construcción y operación del túnel, lo que implica la implementación de estrategias de mitigación de riesgos y la elaboración de planes de emergencia y seguridad.
- **Gestión de calidad:** se deben definir unos indicadores de la calidad de las tareas y llevar un correcto seguimiento
- **Gestión de recursos humanos:** Contratación, formación, y gestión de todo el personal.
- **Gestión de comunicaciones y grupos de interés:** para el correcto desarrollo del proyecto y para gestionar los diferentes grupos de interés son necesarias redes de comunicación internas y externas.
- **Gestión de compras:** de vital importancia para cumplir los plazos del proyecto. Se necesitan adquirir espacios, materiales, maquinaria...
- **Sostenibilidad:** siempre concienciados de la importancia de la sostenibilidad, tanto social como ambiental. Se debe llevar a cabo un plan de sostenibilidad con el objetivo de reducir el impacto del proyecto.
- **Cumplimiento de normativas:** fundamental para conseguir los permisos necesarios y poner en marcha las obras. Permisos de construcción, normativa medioambiental, normativa de seguridad marítima y ferroviaria, normativa de seguridad laboral, normativa de seguridad contra incendios, de seguridad eléctrica, de acceso y seguridad en la construcción y gestión de residuos, normativa europea...
- **Seguridad:** es imperioso mantener la seguridad durante la construcción, operación y mantenimiento del túnel. Se puede aprender de algunos errores cometidos en el desarrollo del proyecto real del Eurotúnel. Durante su construcción se dieron sucesivos accidentes: para poder cumplir con los plazos se aumentaron las horas de trabajo, lo que provocó un mayor número de incidentes laborales por agotamiento. Además, se dieron descarrilamientos de locomotoras, accidentes graves y hasta tragedias mortales, con un saldo de 11 personas fallecidas.

4. Enunciado del alcance del proyecto

4.1. Descripción de alcance

El presente estudio se enfoca en el análisis de un proyecto de infraestructura de gran envergadura que tiene como objetivo fundamental establecer una conexión terrestre entre los países de Francia e Inglaterra mediante la construcción de un túnel submarino. Esta iniciativa busca promover el comercio internacional y facilitar el transporte de pasajeros, con la intención de optimizar los recursos económicos y reducir los tiempos de traslado.

El proyecto en cuestión no solo tiene repercusiones directas en los países involucrados, sino que también afecta a las naciones colindantes, generando un impacto significativo en términos de infraestructura, economía y logística regional.

A través de un enfoque científico, se pretende examinar detalladamente los aspectos técnicos, ambientales y socioeconómicos asociados a la construcción y operación de este túnel submarino, con el fin de evaluar su viabilidad y potenciales beneficios para las partes involucradas.

4.2. Entregables

Los entregables de un proyecto son los productos, resultados o servicios específicos que se deben entregar al finalizar una fase o el proyecto en su totalidad. Estos entregables son tangibles y verificables, lo que significa que se pueden medir, evaluar y validar para determinar si se cumplen con los requisitos y expectativas del proyecto. Estudio de viabilidad geopolítica y social. En el caso del Eurotúnel los entregables serían los siguientes:

1. Estudio geotécnico del sustrato marino y análisis de viabilidad técnica.
2. Búsqueda de posible financiación de fondos públicos (agenda 2030).
3. Estudio de viabilidad económica.
4. Benchmarking y análisis de requisitos del concurso público (si es público).
5. Tipo de mano de obra (propia o subcontratas y por tipo de subcontrata).
6. Planificación y coordinación de la logística.
7. Plan de marketing y comunicación para promover el proyecto.

4.3. Criterios de aceptación

Los criterios de aceptación son aquellos que se necesitan para poder comenzar proyecto. En nuestro caso al ser un proyecto de gran envergadura, se necesitarán unos criterios de aceptación tanto en la parte técnica como en la parte social y política.

Entre los principales criterios de aceptación de este proyecto se encuentran la viabilidad técnica, con todos sus entregables. Ya que esté sería el primer paso para poder plantear el proyecto. Este debe garantizar la seguridad del túnel, la viabilidad de la construcción de este y que estos valores estén garantizados durante un espacio de tiempo amplio.

Otro criterio de aceptación es la viabilidad económica, ya que si del proyecto no se va a sacar una rentabilidad económica este no tendría sentido llevarlo a cabo. Este debe tener en cuenta tanto el coste de la instalación como los posibles beneficios que puedan ser derivados de la explotación de este, como pueden ser peajes o recibir financiación por parte de los países involucrados.

4.4. Exclusión

Las exclusiones se refieren a los elementos omitidos del proyecto. Estos pueden ser tareas, entregables o resultados que no forman parte del alcance definido del proyecto. Por ejemplo, si el proyecto implica la construcción de un túnel, una exclusión podría ser el asfaltado de la carretera/carriles o el acondicionamiento del túnel. Establecer claramente las exclusiones es crucial para delimitar lo que no se llevará a cabo dentro del proyecto y prevenir malentendidos futuros.

4.5. Hipótesis de partida

Se fijan 4 hipótesis de partida que se han de suponer

1. Existe un beneficio tanto económico para la empresa como para la comunidad internacional.
2. La infraestructura se usará con el uso para el que se construyó.
3. El proyecto no comprometerá al medio ambiente en las fases de construcción, mantenimiento y desmantelamiento.
4. A parte del beneficio económico, el proyecto deberá estar en consonancia con los ODS de la ONU.

5. EDP

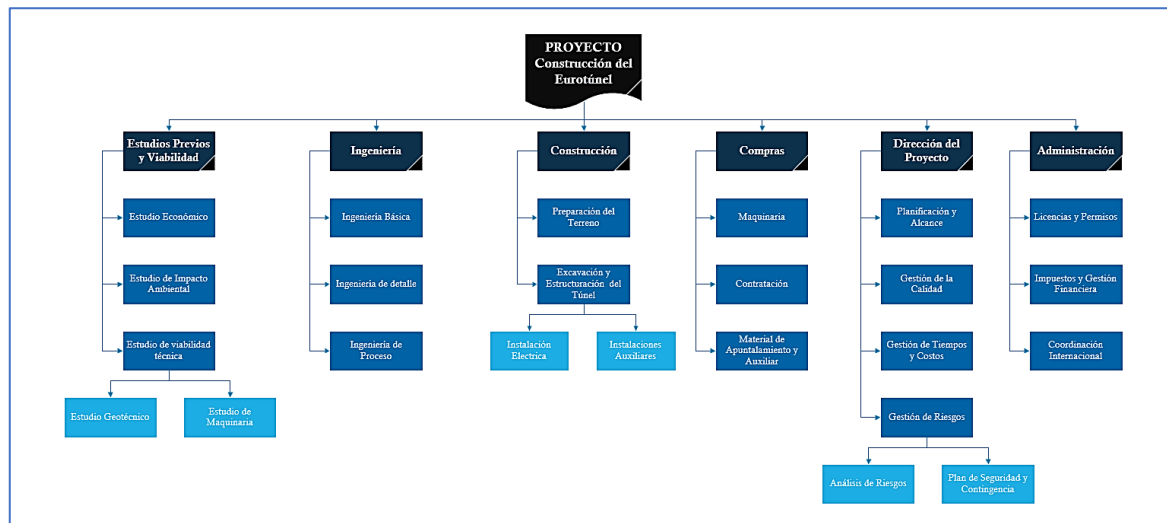


Figura 4. EDP del Proyecto

La EDP descompone el proyecto en paquetes de trabajo desde el punto de vista de organización, es decir, centrado en áreas de trabajo y no en el producto en sí.

6. Diccionario de la EDP

A continuación, se desarrolla un borrador del diccionario de la EDP. Al ser un borrador algunos de sus apartados están incompletos y por definir. A lo largo del proyecto el diccionario estaría sometido a constante revisión y modificación.

6.1. Estudios previos y viabilidad

6.1.1. Estudio económico

El estudio económico busca evaluar la inversión necesaria en el proyecto y su rentabilidad.

- Actividades:
 - Estudiar la inversión
 - Estudio de la demanda del servicio
 - Estudio de precios y rentabilidad económica
- Responsables: Equipo comercial y financiero
- Entregables: Estudio de rentabilidad económica y presupuestos
- Predecesoras: Estudio de viabilidad técnica

6.1.2. Estudio de impacto ambiental

Su objetivo es evaluar el impacto que tiene el proyecto desde su comienzo hasta su explotación sobre la fauna, flora y los ecosistemas. Evaluando el ciclo de vida y las emisiones.

- Actividades:
 - Evaluación del ciclo de vida
 - Emisiones
 - Consumo de materias primas
 - Impacto sobre la fauna
 - Impacto sobre la flora
- Responsables: Equipo técnico ambiental
- Entregables:
 - Análisis de impactos y medidas de contención, paliativas y supresión
 - Análisis legislativo de emisiones y contaminantes
- Predecesoras: Análisis de viabilidad técnica

6.1.3. Estudio de viabilidad técnica

Este estudio pretende evaluar la viabilidad del proyecto desde el punto de vista técnico. Se basa en dos estudios adicionales.

6.1.4. Estudio de maquinaria

Basándose en el estudio geotécnico, se evalúa la maquinaria necesaria y su idoneidad.

- Actividades: Estudio de requisitos técnicos y recomendaciones
- Responsables: Equipo técnico
- Entregables: Informe de maquinaria y equipos necesarios
- Predecesoras: Estudio geotécnico

6.2. Ingeniería

6.2.1. Ingeniería básica

Fase inicial en la cual se definen los requisitos fundamentales y se establece la viabilidad técnica y económica del proyecto.

- Actividades:
 - Definición de Objetivos y Alcances
 - Estudio de Viabilidad
 - Identificación de Requisitos
- Responsables: Equipo técnico
- Entregables:
- Predecesoras:

6.2.2. Ingeniería de detalle

Diseño y planificación completa de todas las actividades necesarias para llevar a cabo el proyecto.

- Actividades:
 - Diseño y Planos de Detalle
 - Materiales y equipos
 - Recursos Humanos
 - Costes
- Responsables: Equipo técnico
- Entregables:
- Predecesoras:

6.2.3. Ingeniería de Proceso

Desarrollar y detallar los procesos específicos del proyecto

- Actividades:
 - Análisis de Procesos
 - Simulación y modelado
 - Optimización
 - Validación
- Responsables: Equipo técnico
- Entregables:
- Predecesoras:

6.3. Construcción

- Actividades:
- Responsables:
- Entregables:
- Predecesoras:

6.4. Compras

6.4.1. Maquinaria

- Actividades:
 - Analizar posibles ofertas
 - Seleccionar las mejores ofertas
- Responsables: Equipo técnico y equipo comercial
- Entregables: Petición de ofertas y contratos de adquisición
- Predecesoras:

6.4.2. Contratación

Adquirir personal y mano de obra cualificado

- Actividades:
 - Proceso de selección
 - Entrevistas
- Responsables: Equipo técnico y RRHH
- Entregables: Documentos
- Predecesoras:

6.4.3. Material de Apuntalamiento, construcción y auxiliar

Adquirir material para la obra

- Actividades:
 - Identificar posibles ofertas
 - Estudiar y escoger las mejores ofertas técnicas y comerciales.
- Responsables: Equipo técnico y comercial
- Entregables:
- Predecesoras:

6.5. Dirección del Proyecto

6.5.1. Planificación y Alcance

Planificar gestión del alcance

- Actividades:
 - Recopilar requisitos.
 - Definir Alcance
- Responsables:
- Entregables:
- Predecesoras:

6.5.2. Gestión de Calidad

Planificar Gestión de la Calidad

- Actividades:
 - Aseguramiento de la Calidad
- Responsables:
- Entregables:
- Predecesoras:

6.5.3. Gestión de Tiempos y Costes

Planificar la gestión de Tiempos y Costes

- Actividades:
 - Desarrollar Cronograma
 - Estimar presupuesto.
- Responsables:
- Entregables:
- Predecesoras:

6.5.4. Gestión de Riesgos

Planificar la gestión de riesgos

- Actividades:
- Responsables:
- Entregables:
- Predecesoras:

6.5.5. Plan de Seguridad y Contingencias

- Actividades:
- Responsables:
- Entregables:
- Predecesoras: Gestión de Riesgos

6.5.6. Análisis de Riesgos

- Actividades:
 - Análisis cuantitativo
 - Análisis cualitativo
- Responsables:
- Entregables:
- Predecesoras: Gestión de Riesgos

6.6. Administración

6.6.1. Licencias y Permisos

Gestión de los permisos necesarios para la realización del proyecto, las licencias de explotación y perforación del lecho marino, etc....

- Actividades:
 - Análisis de los permisos necesarios
 - Gestión con los organismos pertinentes
 - Recopilación y verificación de los requisitos
 - Firma y obtención de los permisos
- Responsables: equipo administrativo legal
- Entregables: Permisos necesarios cumplimentados y verificados
- Predecesoras: inicio del proyecto

6.6.2. Impuestos y Gestión financiera

Gestión del pago de impuestos, tasas administrativas y, en general, actividades financieras distintas de compras.

- Actividades:
 - Gestionar pagos administrativos
 - Gestionar pagos derivados del proyecto
- Responsables: equipo administrativo - financiero
- Entregables: Registro de pagos
- Predecesoras: Licencias y permisos

6.6.3. Coordinación Internacional

Debido a la complejidad del proyecto, que involucra a diversas empresas privadas y organismos públicos de diversos países, es necesario un equipo de coordinación.

- Actividades:
 - Plan de coordinación internacional
 - Plan de segmentación del proyecto y distribución de responsabilidades
 - Establecimiento de canales de comunicación
- Responsables: equipo de coordinación
- Entregables:
 - Plan de coordinación
 - Protocolo común de comunicación
- Predecesoras: inicio del proyecto

7. Gestión de tiempos

7.1. GANTT

Para la gestión de tiempos se ha realizado un diagrama de Gantt. Para su desarrollo se parte de los paquetes de trabajo de la EDP, mostrada en la Figura 4. Se comienza con los paquetes de trabajo más generales y se va desglosando, dando lugar a un total de 126 tareas incluyendo *deadlines*, resultando una duración de 7 años, con fecha de inicio y finalización del 6/3/2024 y 6/6/2031 respectivamente.

Se va a realizar una explicación de cada uno de los bloques principales del proyecto. Una vez realizados los estudios previos y la Ingeniería del proyecto, quedan los siguientes cuatro bloques: construcción, compras, dirección del proyecto y administración. A continuación, se desglosa parte del listado de actividades a realizar a lo largo del proyecto.

- Construcción: para la construcción se diferencié la parte inglesa y la parte francesa. Se definieron las mismas tareas para ambas partes. En la Figura 5 se muestran algunas de ellas.

« Construcción	vie 25/04/25	vie 25/04/31
» Parte inglesa	vie 25/04/25	vie 04/04/31
» Parte francesa	vie 25/04/25	vie 04/04/31
Unión de ambas partes	lun 07/04/31	vie 25/04/31

« Construcción	vie 25/04/25	vie 25/04/31
» Parte inglesa	vie 25/04/25	vie 04/04/31
Desarrollo de sistemas de transporte para el material de construcción	vie 25/04/25	mié 14/05/25
Habilitación de la zona para la carga del material de construcción y la descarga del material del lecho marino	vie 25/04/25	lun 05/05/25
Excavación inicial	jue 15/05/25	vie 23/05/25
Excavación de túneles para el transporte	lun 26/05/25	vie 28/12/29
Excavación de túnel de mantenimiento	lun 26/05/25	vie 28/12/29
Excavación de conductos transversales auxiliares	lun 26/05/25	vie 28/12/29
Hormigonado y estructura	lun 07/07/25	vie 08/02/30
Instalación eléctrica	lun 11/02/30	vie 24/01/31
Instalación ferroviaria	lun 11/02/30	vie 04/04/31
Instalaciones de comunicación	lun 11/02/30	vie 06/09/30
Implementación del sistema de ventilación	lun 07/07/25	vie 08/02/30
Instalaciones auxiliares	lun 07/07/25	vie 28/08/26
» Parte francesa	vie 25/04/25	vie 04/04/31

Figura 5: Tareas bloque Construcción GANTT

- Compras: se diferencian los siguientes subbloques:
 - Tuneladoras: se considera por separado al ser una maquinaria específica, de diseño concreto y de vital importancia para llevar a cabo el proyecto.
 - Material de construcción: en este caso enfocado en el hormigón.
 - Subcontratación: la totalidad de las actividades de construcción e instalación se delegará en subcontratas, lo que permite no tener que comprar herramientas de construcción.

En la Figura 6 se desglosan las actividades del GANTT para el subbloque de tuneladoras y subcontratación de la excavación y hormigonado.

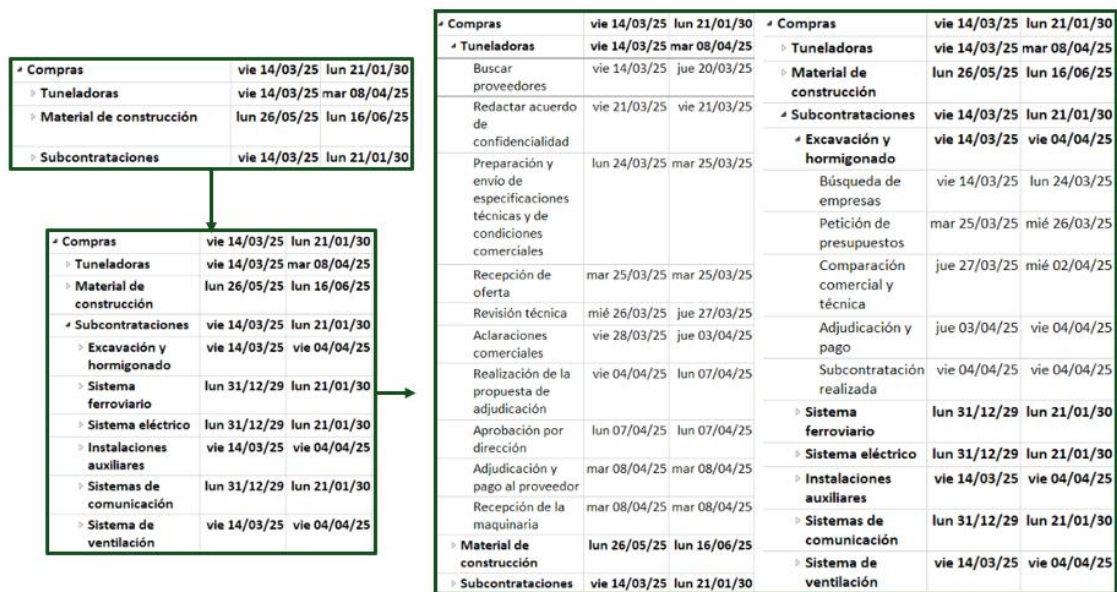


Figura 6: Actividades para el bloque de compras: tuneladoras y subcontratación de la excavación y hormigonado

- Dirección del proyecto: consiste en todas las tareas relacionadas con el alcance, calidad, tiempos, costes y riesgos del proyecto. En la Figura 7 se muestra el desglose de todas las actividades pertinentes.

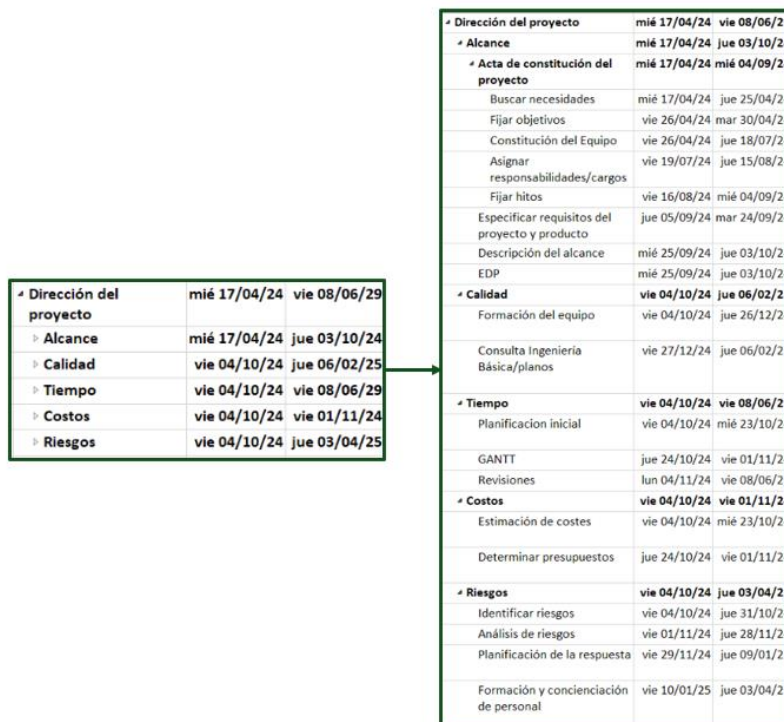


Figura 7: Actividades del bloque de Dirección del Proyecto

- Administración: se enfoca principalmente en la comunicación entre los países involucrados, la adquisición del terreno para comenzar las excavaciones, la obtención de las licencias necesarias, tanto inglesas como francesas, y las posibles revisiones del proyecto a lo largo del tiempo. La Figura 8 muestra el desglose de las actividades que permiten obtener las licencias inglesas de construcción.

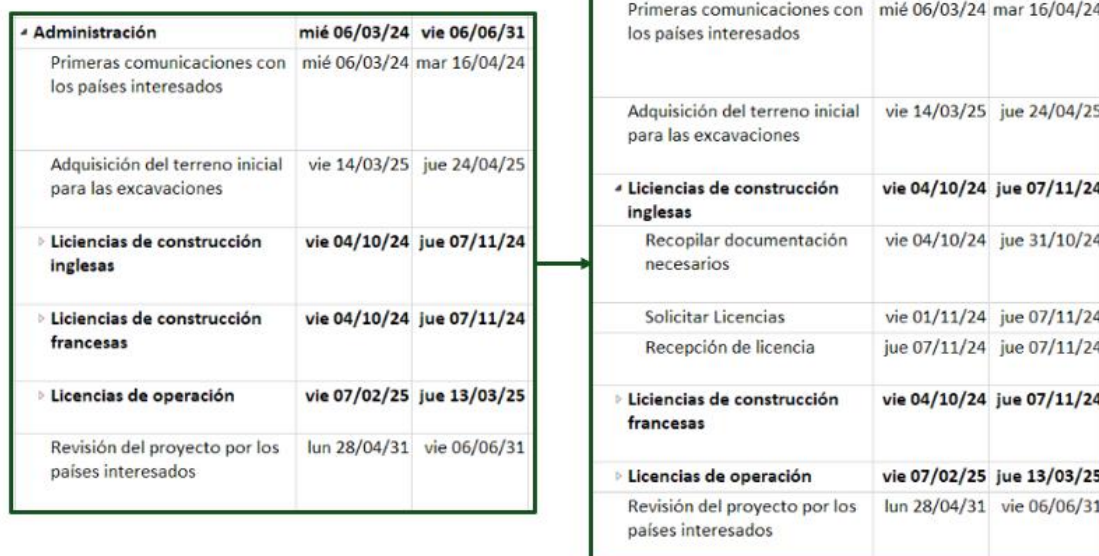


Figura 8: Actividades del bloque Administración para la obtención de las licencias inglesas

El diagrama de GANTT completo se puede observar en el **Anexo 1**.

En el desarrollo del GANTT también se tienen en cuenta un conjunto de hitos. En el apartado 1.2.3. *Principales Hitos del Proyecto* se fijaron una serie de hitos del proyecto. Estos hitos han sido actualizados durante la creación del diagrama de GANTT. La Figura 9 muestra los hitos preliminares definidos anteriormente y los compara con los nuevos hitos del proyecto.

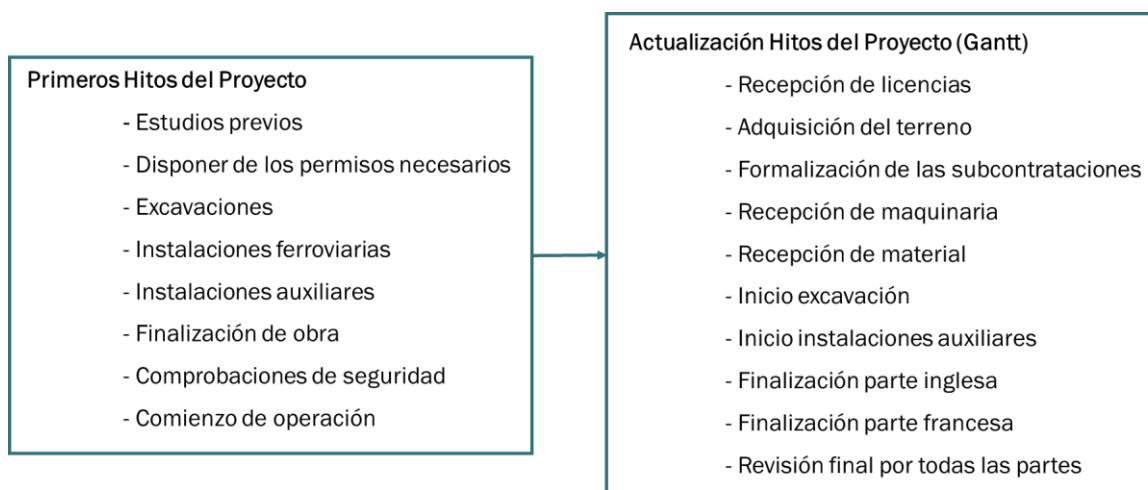


Figura 9: Actualización de los hitos del proyecto

Con el objetivo de visualizar mejor el diagrama de GANTT se ha desarrollado el esquema mostrado en Figura 10. En este esquema se simplifican las actividades detalladas en el GANTT resumiéndolas en bloques. El proyecto comienza con el acuerdo entre los países involucrados. Tras definir el alcance del proyecto, se comienza la gestión de la calidad, tiempo, costes y riesgos que perdurará a lo largo de todo el proyecto. El siguiente paso es la obtención de las licencias necesarias para comenzar las excavaciones. Una vez se obtienen las licencias, comienza en paralelo la adquisición del terreno, la compra de la

maquinaria y materiales, y la subcontratación de las instalaciones principales. Una vez desarrollado el sistema de transporte, que permite trasladar todo el material, maquinaria y personal al terreno adquirido, comienza la obra. Se desarrollan en paralelo las excavaciones y la subcontratación del resto de instalaciones. Una vez terminada la obra, el proyecto finaliza.

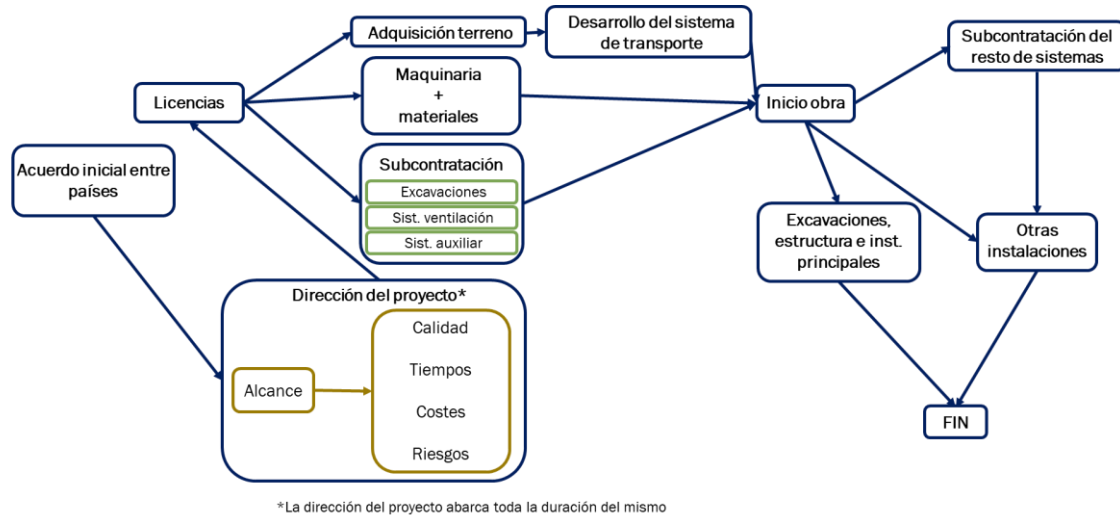


Figura 10: Esquema simplificado del GANTT

Este esquema también permite visualizar el camino crítico y las holguras correspondientes, mostrado en la Figura 11. Se observa que es de vital importancia la adquisición de los terrenos para comenzar las obras, al igual que el desarrollo de las excavaciones, donde posibles fallos acentuarían el retraso del proyecto. El resto de los bloques de tareas tienen cierta holgura que permite dar prioridad a las tareas críticas.

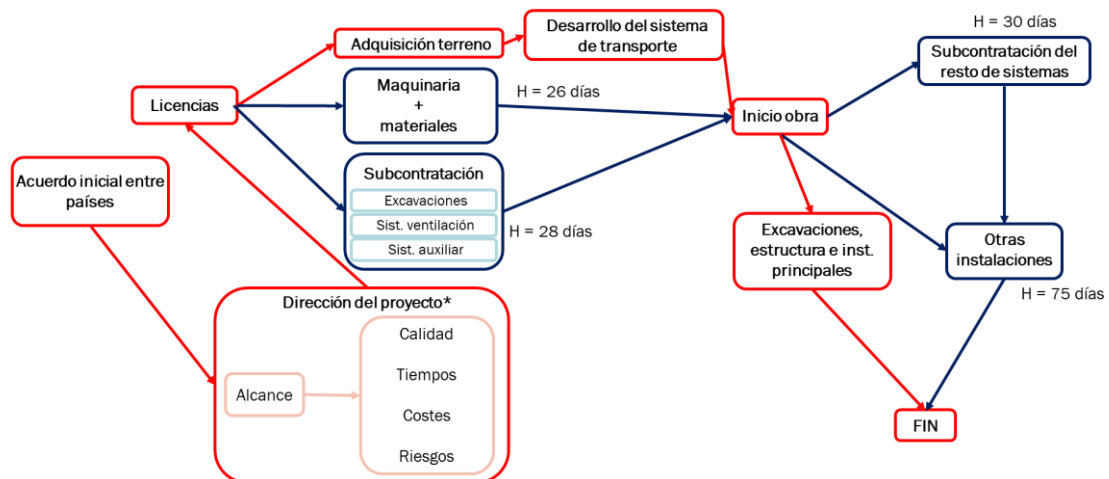


Figura 11: camino crítico y holguras en el esquema simplificado del GANTT

Por último, se ha realizado el diagrama de red del proyecto, en el que también se puede determinar el camino crítico. Para un mejor entendimiento, en la Figura 12 se muestra el diagrama con las tareas agrupadas y nombradas por bloques. Esto facilita la interpretación del diagrama.

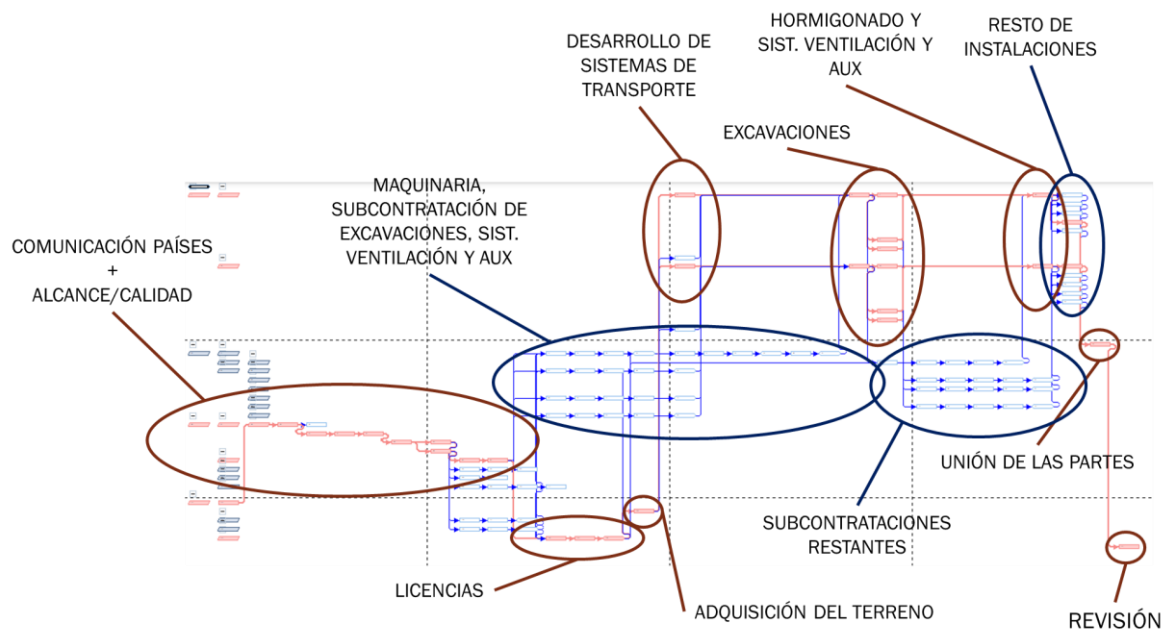


Figura 12: Diagrama de red del proyecto

8. Gestión de costes

La estimación de costes es una aproximación del coste de los recursos necesarios para completar el proyecto. Es un proceso iterativo que se va refinando (actualizando) con el avance del proyecto, aumentando su exactitud.

8.1. Costes

Para la estimación de costes se ha utilizado información de proyectos anteriores y similares. También se ha basado en los paquetes de trabajo establecidos por la EDP. Entre los principales costes asociados a la construcción del eurotúnel se pueden encontrar:

Análisis del proyecto: costes asociados a la dirección del proyecto, su planificación y alcance en las distintas áreas de gestión de tiempos, costes, calidad, etc.

8.1.1. Gestión de Compras

- Maquinaria: a una distancia del nivel del mar de entre 40 y 75 metros, la excavación de los túneles de cada país tiene que ser precisa, no distanciándose más de 2,5 metros en el momento de encontrarse a mitad del recorrido. Para ello se utilizarán 12 tuneladoras, cada una de ellas con un coste de 15 millones de euros, capaces de avanzar hasta 75 metros diarios y excavar 36.000 toneladas de roca cada 24 horas.
- Mano de obra: trabajaran aproximadamente 8000 obreros, con posibilidad de aumentar la plantilla hasta los 15000 obreros si el proyecto así lo requiere. Con una plantilla de 15000 obreros, el coste es de 3 millones de libras diarias.
- Materia prima: en total se utilizarán 5 millones de metros cúbicos de hormigón y 450.000 toneladas de acero para construir el Eurotúnel.

8.1.2. Construcción y pruebas

- Costes relacionados con la ejecución de la construcción.
- Construcción de dos terminales de pasajeros, uno en Folkestone, Inglaterra, y otro en Calais, Francia, así como una terminal de carga en el Reino Unido.
- Pruebas de funcionamiento de las instalaciones, con y sin trenes en circulación.

8.1.3. Revisión y puesta en marcha

Dada la naturaleza submarina y la longitud del túnel, se implementarán rigurosas medidas de seguridad para proteger a los trabajadores y garantizar la integridad estructural del proyecto. Estas medidas de seguridad adicionales, que incluyen sistemas de ventilación y prevención de incendios, contribuirán a aumentar los costes.

El proyecto del Eurotúnel involucra a múltiples países y entidades regulatorias, lo que genera complicaciones políticas y regulatorias que afectaran a los costes. La necesidad de cumplir con los estándares y regulaciones de seguridad de diferentes países y la coordinación entre múltiples partes interesadas añaden complejidad y coste al proyecto.

8.1.4. Reservas (de contingencias y de gestión)

El Canal de la Mancha presenta condiciones geológicas desafiantes, con rocas variadas y capas de sedimentos, lo que aumenta la dificultad y los costes de la construcción. Se pueden presentar problemas imprevistos durante la excavación, lo que requeriría

soluciones técnicas adicionales y aumentara los costes. Posibles reservas de contingencias y de gestión pueden estar relacionadas con:

- Durante la excavación de los túneles pueden aparecer filtraciones de agua que produzcan retrasos en la excavación y construcción.
- La excavación se realizará desde cada país, teniendo que encontrarse a mitad de recorrido. Este encuentro debe de ser preciso, no distanciándose más de 2,5 metros. El distanciamiento provocaría demoras en la construcción debido al acondicionamiento de los túneles.

Se ha decidido que las reservas de contingencias y gestión representen un 10%, cada una, del presupuesto establecido.

8.1.5. Presupuesto total

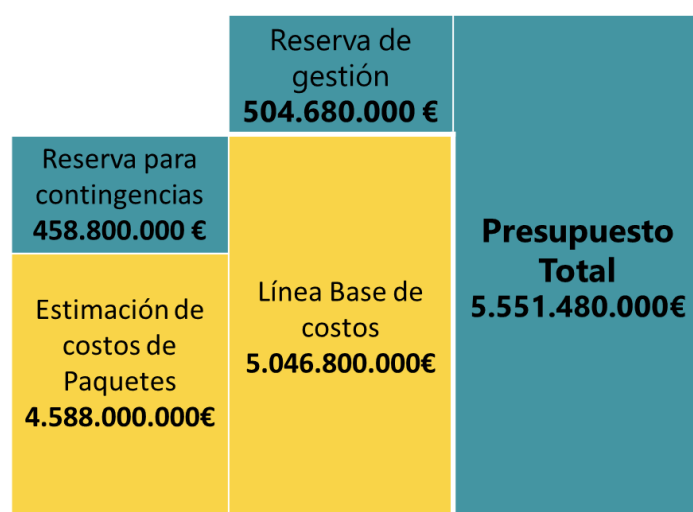


Figura 13: Descomposición de costes

Una vez se han estudiado los principales costes del proyecto y las posibles reservas, la estimación inicial del presupuesto total fue de 5.551.480 millones de euros, aunque el proyecto (por los precedentes estudiados) puede llegar a valer los 15 mil millones de euros.

8.2. Curva de la S

En los primeros semestres del proyecto se estaba consiguiendo cumplir con los plazos y costes previstos e incluso se conseguía reducir estos costes. Sin embargo, a partir del semestre 5 se producen imprevistos como fugas de agua o falta de material (hormigón, acero, etc) que produce una acumulación de sobrecostes y un atraso en los plazos marcados considerables.

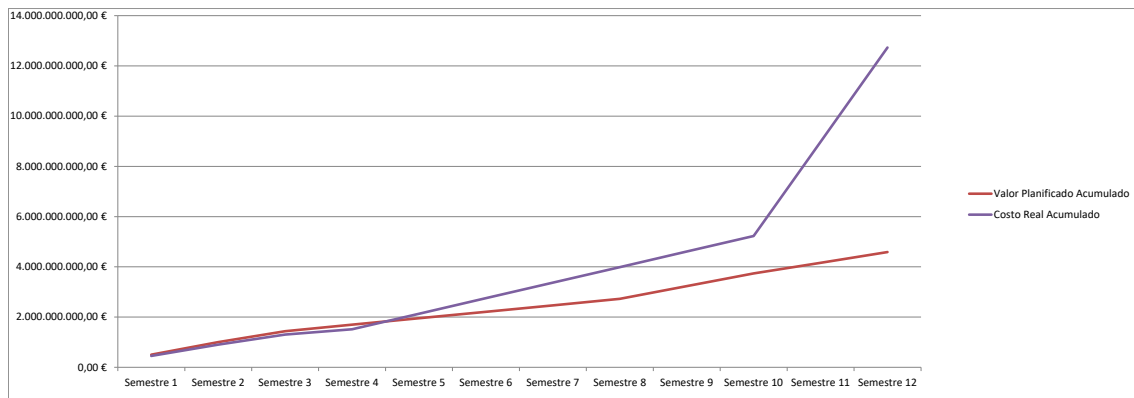


Figura 14: Curva de la S

Se puede observar dicho cambio en la gráfica anterior y como el coste real del proyecto acaba siendo mucho mayor del esperado, aunque puede ser comprensible teniendo en cuenta la magnitud del proyecto y la gran cantidad de recursos que hay que invertir en su desarrollo.

8.3. Requisitos de financiación

En términos de financiación, la construcción del Eurotúnel supone un esfuerzo conjunto entre el sector público y privado. El coste total de la construcción se estima en alrededor de 15 mil millones de euros.

El proyecto está financiado por un consorcio de empresas privadas, que incluyen a las dos principales compañías ferroviarias de Francia y Gran Bretaña: la SNCF y British Rail. También participaron empresas de ingeniería y construcción de todo el mundo, incluyendo la francesa Bouygues y la británica Tarmac. Además, existe una inversión significativa de capital privado de bancos y fondos de inversión en todo el mundo.

El gobierno francés también contribuirá a la financiación del proyecto, proporcionando una garantía de préstamo de 4.8 mil millones de euros. El gobierno británico, por otro lado, no proporcionará financiamiento directo para el proyecto, pero sí permitirá que se utilice su sistema tributario para permitir a las empresas involucradas en el proyecto recuperar una parte de sus costes.

9. Gestión de recursos

9.1. Organigrama

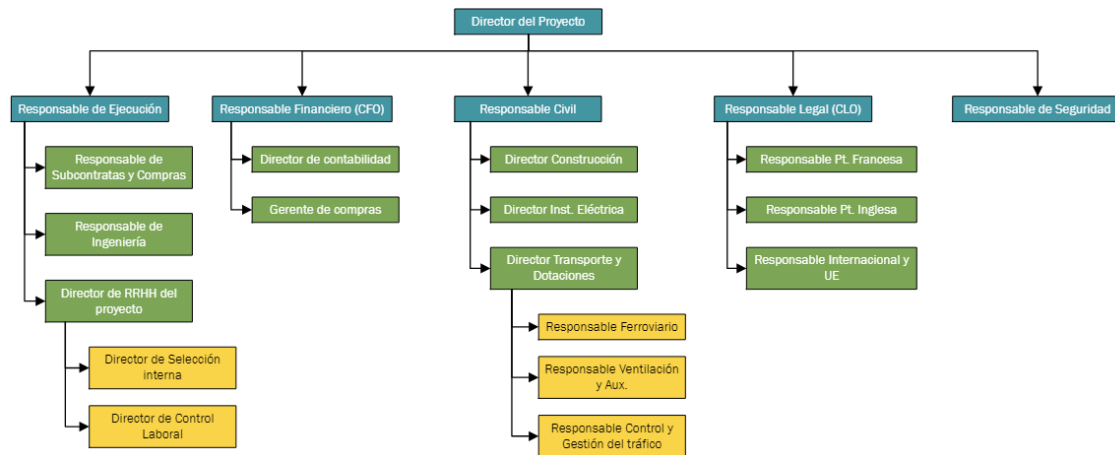


Figura 15: Organigrama del proyecto

9.2. Matriz RACI

La matriz RACI muestra los responsables de cada paquete de trabajo. De forma general, los responsables de las áreas son los responsables últimos, así Álvaro Morales, responsable civil, es el encargado último de las tareas de construcción, con el apoyo del responsable de seguridad y de las subcontratas.

Para las compras, el responsable último es Pedro Jesús como responsable financiero, pero la responsabilidad de las tareas recae sobre Álvaro Morales, ya que es el coordinador de los equipos técnicos que evaluarán el material y la maquinaria necesaria. De forma esporádica el responsable es Adrián Vázquez en aquellas tareas que impliquen la firma de contratos o redacción de acuerdos.

En materia de subcontratas, los responsables últimos cambian entre el coordinador civil y el coordinador de RRHH, siendo el primero en encargado de detallar los requisitos y el segundo encargado de la ejecución de las subcontratas, con intervención del responsable financiero en aquellas fases que implique la comparación presupuestaria de cada empresa. Adicionalmente se cuenta con el apoyo del departamento legal para establecer los términos del contrato y con las consultas pertinentes al departamento de seguridad.

La dirección del proyecto cae principalmente sobre Alejandro García como responsable último, con alguna excepción en el ámbito presupuestario. Dado que los seis responsables del proyecto, si bien solo uno es el director del proyecto, forman parte de la dirección de este, sirven de apoyo al director.

Por último, la administración engloba principalmente las gestiones legales, las licencias y los permisos, por ello la última responsabilidad recae principalmente sobre Adrián Vázquez, responsable legal, con el apoyo del responsable civil, ya que será este el encargado de solicitar los permisos pertinentes al departamento legal, en conjunto con el responsable de seguridad.

A modo de ejemplo, se incluye en este informe una pequeña porción de la matriz RACI desarrollada por el equipo. Puesto que esta matriz es bastante extensa, y con el objetivo de

no saturar el informe, si se quiere consultar la matriz al completo se deberá recurrir al Excel donde se han desarrollado todas las tablas y cálculos del proyecto.

MATRIZ RACI							
ACTIVIDAD	PERSONAS						
	ALEJANDRO (PROYECTO)	JOSÉ ANTONIO (EJECUCIÓN)	PEDRO JESUS (FINANCIERO)	ÁLVARO (CIVIL)	ADRIÁN (LEGAL)	JORGE (SEGURIDAD)	
CONSTRUCCIÓN							
Parte inglesa	-	-	-	-	-	-	
Desarrollo de sistemas de transporte para el material de construcción	I	R	I	A	C	R	
Habilitación de la zona para la carga del material de construcción y la descarga del material del lecho marino	I	R	I	A	C	R	
Excavación inicial	I	R	I	A	C	R	
Excavación de túneles para el transporte	I	R	I	A	C	R	
Excavación de túnel de mantenimiento	I	R	I	A	C	R	
Excavación de conductos transversales auxiliares	I	R	I	A	C	R	
Hormigonado y estructura	I	R	I	A	C	R	
Instalación eléctrica	I	R	I	A	C	R	
Instalación ferroviaria	I	R	I	A	C	R	
Instalaciones de comunicación	I	R	I	A	C	R	
Implementación del sistema de ventilación	I	R	I	A	C	R	
Instalaciones auxiliares	I	R	I	A	C	R	
Parte francesa	-	-	-	-	-	-	
Desarrollo de sistemas de transporte para el material de construcción	I	R	I	A	C	R	
Habilitación de la zona para la carga del material de construcción y la descarga del material del lecho marino	I	R	I	A	C	R	
Excavación inicial	I	R	I	A	C	R	
Excavación de túneles para el transporte	I	R	I	A	C	R	
Excavación de túnel de mantenimiento	I	R	I	A	C	R	
Excavación de conductos transversales auxiliares	I	R	I	A	C	R	
Hormigonado y estructura	I	R	I	A	C	R	
Instalación eléctrica	I	R	I	A	C	R	
Instalación ferroviaria	I	R	I	A	C	R	
Instalaciones de comunicación	I	R	I	A	C	R	
Implementación del sistema de ventilación	I	R	I	A	C	R	
Instalaciones auxiliares	I	R	I	A	C	R	
Unión de ambas partes	I	R	I	A	C	R	

Figura 16: Porción de la matriz RACI del proyecto

9.3. Roles y Funciones

Los roles definidos en la dirección del proyecto son los correspondientes a los responsables de cada área:

- **Responsable de Ejecución:** Se encarga de la subcontratación, compras y la ingeniería necesaria para coordinar la ejecución conjunta del proyecto. Tiene una fuerte componente de colaboración con el departamento financiero y civil. Este responsable también coordina el departamento de RRHH.
- **Responsable Financiero:** Es el responsable de la gestión de los presupuestos y transacciones. Trabaja en coordinación con el departamento de ejecución, tanto para las compras como para las subcontratas. También se encarga de organizar los presupuestos junto con el director del proyecto.
- **Responsable Civil:** Es el encargado de coordinar y gestionar las obras llevadas a cabo por las distintas subcontratas. Como es obvio, está muy influenciado por el departamento de Ejecución, ya que es este departamento quien proporciona los recursos necesarios para trabajar al Responsable Civil.

- **Responsable Legal:** El responsable del departamento Legal. Este departamento está dividido en tres partes: la parte francesa, la inglesa y la internacional, esta última de gran relevancia y consumo de recursos al tratarse de un proyecto extracomunitario. Se ocupa además de gestionar las concesiones de explotación del túnel. Su interacción con el resto del proyecto se centra especialmente en el director del proyecto.
- **Responsable de Seguridad:** El responsable del departamento más pequeño de la empresa, pero crítico para el proyecto. Se encarga de la coordinación de los planes de seguridad, gestión de riesgos y auditorías. Gestiona la obtención de las certificaciones pertinentes y vela por la seguridad de todos los participantes. También evalúa riesgos ambientales. Tiene una interacción constante con el departamento Civil y con el director del proyecto.

9.3.1. Metodología Scrum

La empresa *M2/G4 TUNNEL* tiene como característica el uso de metodologías ágiles para la gestión de proyectos. Para este proyecto en concreto han decidido adoptar la **metodología Scrum**.

Esto implica:

- Reuniones 1 vez a la semana para fijar objetivos.
- Reuniones periódicas cada 4 semanas para compartir resultados y evaluar el estado de desarrollo del proyecto.
- Todas las reuniones irán acompañadas de un acta en el que se incluyan el Sprint Backlog y el Sprint Planning.
- Prevalecen las reuniones presenciales. Para ello, durante todo el desarrollo del proyecto, todos los miembros se han desplazado a la misma ciudad.

10. Gestión de calidad

10.1. Definición de métricas de calidad (KPI)

Se establecen unas métricas para dimensionar el cumplimiento de las actividades relacionadas con la calidad y avance del proyecto.

Se opta por emplear unos KPI (Key Performance Indicators) donde se definirá la actividad o variable a medir, su responsable y los parámetros buscados para juzgar el desempeño, o desviación, hasta el momento.

La gestión de la calidad debe aplicarse a todo el proyecto y a sus agentes externos, siendo los recursos humanos una parte importante de dicha gestión, así como la cuantificación de todos los costes derivados de esta actividad y el proyecto. Todo lo anterior con el objetivo de una mejora continua. Por lo que habrá que enfocar las mediciones en dichos campos.

- Tiempo para completar actividades y proyecto

Logra poner un tiempo a las tareas más importantes o la totalidad del proyecto. Con esta métrica podremos juzgar la eficiencia y dificultad de cada actividad o proyecto de manera más realista. De esta manera podemos adelantarnos a posibles retrasos o replantear nuevas fechas en caso de volver a realizarse actividades similares.

Tiempo para completar actividad/proyecto = Fecha de finalización - Fecha de Inicio [días, meses, años]

Llevada a cabo por la organización o encargado de un departamento al finalizar el proyecto o actividad. Buscando ser este el menor posible y con la menor diferencia con respecto a lo planificado previamente.

- Productividad de los trabajadores

Con esta métrica se puede valorar la efectividad y eficiencia de los grupos de trabajo, pudiendo valorar la complejidad de una tarea o situar posibles cuellos de botella. Además, permite juzgar la capacidad de una subcontratación.

Productividad = Número de tareas completadas / Horas empleadas [unidades/hora]

De nuevo el responsable será la propia organización o responsable del departamento. Se puede realizar con cierta periodicidad prefijada para así valorar la constancia a lo largo del proyecto (por ejemplo, trimestral) o al terminar un bloque de actividades o subcontratación. Cuanto mayor sea su valor mejor, pero sobre todo sirve para comparar entre ellas.

- Ratio de accidentes

Esta medida busca cuantificar la cantidad y gravedad de los accidentes que se tienen a lo largo de la vida de un proyecto. Con estas cifras se busca sobre todo motivar y que todo el mundo tome acción en reducir las cifras, tomando las medidas necesarias o promoviendo nuevas que puedan mitigarlas. Se puede realizar una simple suma o añadir unos pesos para caracterizar la gravedad total. Como lo normal es que los accidentes sean puntuales y de menor gravedad se opta por una suma sin pesos.

Ratio de accidentes = (número de accidentes/ horas de trabajo) * K [sin unidades, es una ratio]

Siendo K una constante igual a las horas que queremos que refleje dicha ratio.

Se encargará el responsable de seguridad de poner un valor a dicha constante y actualizar dicha ratio. También buscará mantener actualizados a todos los empleados para promover la concienciación. El objetivo es minimizar, al ser posible que tome el valor 0.

- Coste por km de la construcción

Con este valor se busca comparar la eficiencia en la utilización de los recursos, así como los costes, con proyectos similares, pero de distinta magnitud.

Coste por km = Coste total del proyecto/ Dimensión del proyecto [€/km]

Esta labor la podrá realizar el responsable financiero o la propia organización del proyecto tras la finalización de este. Se busca el valor más bajo posible pero no un valor concreto puesto que sirve de medio para establecer una comparación.

- Calidad de la construcción

Necesario para ver reflejada la calidad de los acabados o la desviación con respecto a los defectos o límites permitidos por las normativas correspondientes. Con esto se busca reducir los costes derivados de una posible mejora, los riesgos ante fallos y aumentar la duración de su vida útil.

Calidad de la construcción = (Número de defectos/ Número de inspecciones)*100 [%]

Para que este KPI pueda aprovecharse al máximo habrá que definir bien el concepto de defecto, siendo este cualquier parámetro que supere los límites correspondientes a una actividad y la normativa involucrada, impidiendo su cumplimiento. También habrá que fijar el número de inspecciones, si no los fija una norma, para así poder comparar de manera real la calidad de varias construcciones o de diferentes partes de esta.

- Ratio de uso de maquinaria

Ayuda a valorar el porcentaje de uso de la maquinaria. Con esto se podría valorar su compra, alquiler o subcontratación del servicio derivado. También nos ayuda a ver posibles cuellos de botella y si fuese necesario aumentar la cantidad de algún tipo concreto.

Ratio de uso de maquinaria = (Tiempo empleado/ Tiempo disponible)* 100

Se busca un valor entre 60-70%. Si dicho valor es inferior podría valorarse una opción diferente a la compra de dicha máquina. Si se supera dicho valor puede significar un cuello de botella que puede afectar a la productividad de otras actividades o de los empleados. El responsable es el encargado de la ejecución del proyecto.

- Nivel de satisfacción del cliente

Es una medida a través de una fuente externa que puede ayudar a mejorar la gestión del proyecto desde la organización. Se puede repartir en distintas fases del proyecto o bloques

de actividades, para así ver el margen de mejora en cada una de ellas. Suele tomar un valor entre 1-10, siendo el 1 la peor valoración y 10 la mejor. También puede hacerse una media de distintas valoraciones del proyecto o de clientes distintos según el proyecto.

Satisfacción del cliente = Valoración de la actividad / Número de actividades

La propia organización o el responsable de llevar la comunicación con el cliente es el que debe de realizar dicho KPI al finalizar el proyecto.

10.2. Planificación de actividades de gestión de calidad

La planificación de la gestión de la calidad involucra a todas aquellas actividades o documentos que sean necesarios para demostrar el cumplimiento de los parámetros de calidad o normativas. Por ello primero se deben fijar unos objetivos, roles y responsabilidades, entregables o procesos, y definir actividades y herramientas de control y gestión de la calidad según el proyecto.

Pese a que la gestión de calidad es un trabajo que se tiene que llevar a cabo por todos los integrantes del proyecto a la hora de llevar a cabo sus tareas los principales responsables de dicha gestión son el responsable de ejecución junto con el responsable de seguridad, designados con anterioridad. Estos serán los responsables de que los objetivos y responsabilidades adquiridos por cada miembro se cumplan como ha sido fijado. Pero antes, la dirección debe estudiar cuales son los estándares de calidad que busca emplear en líneas generales.

La base de la gestión de la calidad se basa en las siguientes certificaciones de calidad:

- Norma ISO 9001. Plan de gestión de calidad.
- Norma ISO 14001. Gestión medioambiental.
- Norma ISO 45001. Gestión de la seguridad y salud en el trabajo.
- Norma ISO 50001. Sistemas de gestión de la energía.
- Norma ISO 37001. Gestión antisoborno.
- Norma ISO 170001-1. Accesibilidad universal.

Tomando como base dichas certificaciones y según los principales hitos del proyecto, los objetivos establecidos por la organización en términos de calidad son:

- Cumplimiento de normativas y legislación aplicables. En este caso de ambos países.
- Control de recepción en obra: Prescripciones sobre los materiales. Recepción y control, cumplimiento del pliego de condiciones, conservación, almacenamiento, manipulación y recomendaciones.
- Control de calidad en la ejecución. Mínimos de control sobre las operaciones.
- Control de la obra terminada. Verificación tras la finalización.
- Valoración económica. Recopilación de los costes derivados de los controles de calidad y ensayos.
- Formar e informar a los empleados según la planificación de las actividades de gestión de calidad.

Para trasladar estos objetivos a cada una de las actividades se seguirá la siguiente planificación:

- Requisitos del proyecto (cliente) y objetivos de calidad (responsables de calidad: responsable de ejecución y responsable de seguridad). Unifican tanto los detalles técnicos del proyecto, los parámetros de calidad del proyecto y los procedimientos para llevar ambos a cabo. Todo ello según las normativas y certificaciones correspondientes.
- Elaboración de un Plan de Gestión de Calidad: Dividido en el Plan de Control de la calidad, Plan de pruebas e inspecciones y el Plan de Auditoría. Establece los requisitos de los materiales, subcontrataciones, ensayos y parámetros de conformidad para las auditorías.
- Evaluación de los procesos y procedimientos de construcción. Siguiendo el Plan de Gestión de Calidad. Con supervisiones regulares mediante auditorías.

10.3. Herramientas de calidad. Diagrama causa efecto.

Las herramientas de calidad permiten definir actividades ejecutables que incorporen las políticas de calidad previamente definidas. Un ejemplo de herramienta de calidad es el diagrama causa-efecto.

Los diagramas causa-efecto desglosan las posibles causas de un problema identificado en ramas separadas, ayudando a identificar la causa raíz del problema. Como ejemplo de esta herramienta se muestra el diagrama causa-efecto de un posible problema que puede aparecer durante la excavación del túnel: pueden aparecer filtraciones de agua que produzcan retrasos en la excavación y construcción.

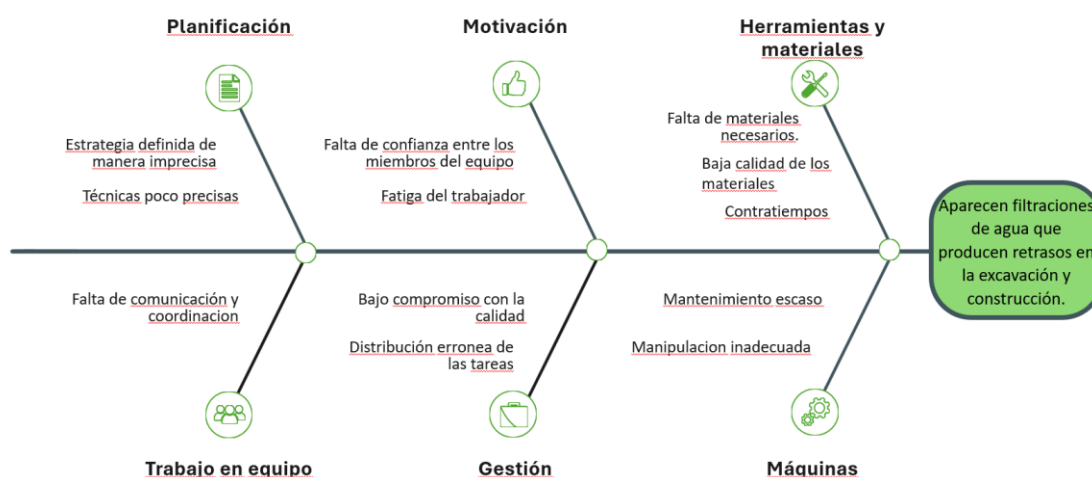


Figura 17: diagrama causa efecto de la excavación del túnel

10.4. Checklist

La checklist es una herramienta de recopilación de datos que permite el seguimiento de los resultados de las actividades de gestión de la calidad, para evaluar el desempeño y asegurar que las salidas del proyecto son correctas, completas y satisfacen las expectativas del cliente. A continuación, se muestra una posible checklist del proyecto:

Checklist	Si	No	Comentarios
1. Diseño de los túneles:			
1.1 ¿El diseño cumple con los requerimientos del cliente y los estándares de la industria?			
1.2 ¿El diseño incluye todos los elementos necesarios?			
1.3 ¿Se ha llevado a cabo un análisis de riesgos y se han implementado medidas de mitigación?			
2. Compra y selección de la maquinaria, materia prima, etc:			
2.1 ¿La maquinaria seleccionada cumple con los estándares de calidad y eficiencia requeridos?			
2.2 ¿La maquinaria ha sido probada y certificada por una entidad acreditada?			
2.3 ¿Se ha realizado una evaluación del ciclo de vida para seleccionar la maquinaria más adecuada?			
3. Excavación y construcción:			
3.1 ¿La excavación cumple las especificaciones de diseño?			
3.2 ¿Se ha realizado una evaluación del suelo para determinar los cimientos adecuados?			
3.3 ¿Se han tomado medidas para garantizar la seguridad de los trabajadores durante el proceso de instalación?			
4. Inspección y mantenimiento:			

4.1 ¿Se realizan inspecciones y mantenimientos periódicos de los túneles y de la infraestructura?			
4.2 ¿Se han establecido procedimientos de mantenimiento preventivo para minimizar los tiempos de inactividad?			
4.3 ¿Se han implementado medidas para garantizar la seguridad de los trabajadores durante las actividades de mantenimiento?			
5. Pruebas y verificaciones finales:			
5.1 ¿Se realizan las pruebas y verificaciones finales antes de la puesta en marcha de los túneles?			
5.2 ¿Se han llevado a cabo pruebas de rendimiento y de seguridad?			
5.3 ¿Se ha proporcionado capacitación adecuada al personal encargado de operar y mantener el Eurotúnel?			
6. Seguridad y protección del medio ambiente:			
6.1 ¿Se cumplen con los estándares de seguridad y de protección del medio ambiente durante todo el proyecto?			
6.2 ¿Se han implementado medidas para minimizar los impactos ambientales del proyecto?			

Tabla 1: Propuesta de checklist

11. Gestión de riesgos

11.1. Identificación y categorización de riesgos

En primer lugar, para llevar a cabo la identificación, se crean cuatro categorías para desglosar los posibles riesgos de cada ámbito. Estos riesgos pueden ser tanto amenazas como oportunidades. Más adelante se irán definiendo en detalle. Las cuatro categorías seleccionadas son:

- Dirección del proyecto: riesgos asociados a gestión de presupuesto, costes, personal, coordinación...
- Técnico: riesgos asociados a la parte técnica del proyecto
- Externo: riesgos relacionados con los factores externos al proyecto como empresas a subcontratar, mercado financiero, catástrofes naturales...
- Social: riesgos asociados a las personas, a sus emociones y comportamiento.

Para cada una de estas categorías se desglosan los diferentes riesgos que engloban, dando lugar a un Risk Breakdown Structure mostrado en la Figura 18.

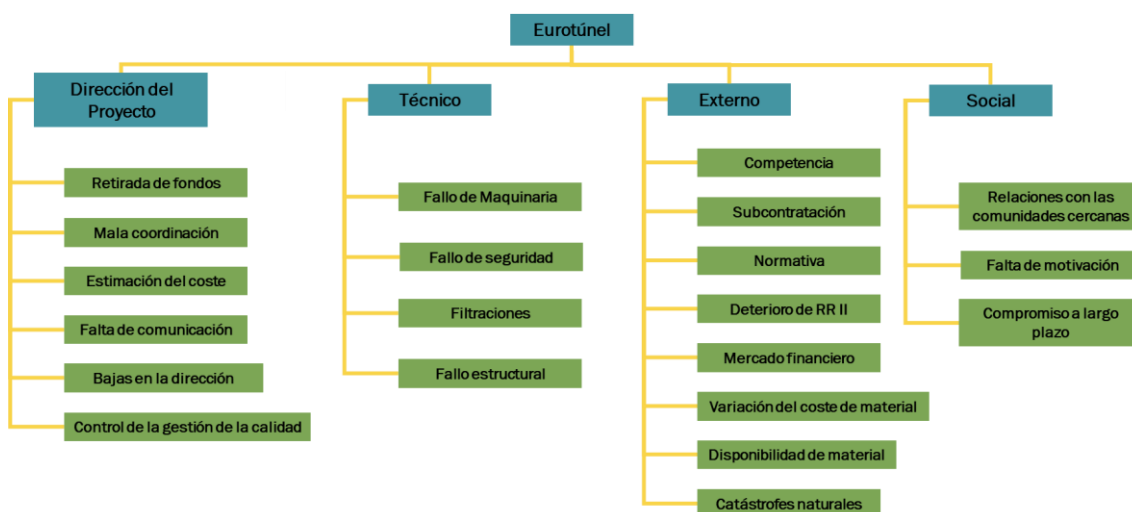


Figura 18: RBS del proyecto

11.2. Matriz de Riesgos

En la matriz de riesgos se compara la probabilidad con el impacto de cada riesgo. Para estimar la probabilidad de cada riesgo se fijan unos niveles de probabilidad mostrados en la Figura 19. Se establecen cinco niveles de probabilidad, con valores entre 0 y 1 que indican la probabilidad de que ocurra el incidente. Además, cada probabilidad lleva asociada un color.

Probabilidad de ocurrencia de un riesgo	
Descripción del Nivel de Probabilidad	Probabilidad
Se espera que ocurra	Muy Alto 5
Es más probable que sí ocurra a que no ocurra	Alto 4
Puede o no ocurrir	Moderado 3
Es más probable que no ocurra a que sí ocurra.	Bajo 2
Se espera que no ocurra	Muy Bajo 1

Figura 19: Niveles de probabilidad de incidentes del proyecto

El impacto de los riesgos también se ha diferenciado por niveles. Se han creado cinco niveles de impacto en función de la magnitud de la consecuencia en el proyecto, cada uno con un color característico. Además, se han diferenciado cuatro ámbitos de impacto: coste, tiempo, alcance, calidad. Los niveles de impacto juntos a los ámbitos de aplicación dan lugar a la tabla de la Figura 20.

		NIVELES DE IMPACTO				
		Muy Bajo 0.05	Bajo 0.1	Moderado 0.2	Alto 0.4	Muy Alto 0.8
Impactos	Coste	Aumento del coste insignificante	Aumento del coste menor del 5%	Aumento del coste menor del 10%	Aumento del coste menor del 20%	Aumento de costes de más del 20%
	Tiempo	Retraso de una semana	Retraso de hasta 2 semanas	Retraso de hasta 1 mes	Retraso de hasta 3 meses	Retraso de 6 meses
	Alcance	Ninguna pérdida considerable	Pérdida de funcionalidades extra	Pérdida de funcionalidades relevantes	Pérdida de funcionalidades básicas	El proyecto es inservible
	Calidad	Reducción de la calidad irrelevante	Reducción de calidad en func. extra	Reducción de calidad en func. relevantes	Reducción de calidad en func. básicas	El proyecto es inservible

Figura 20: Niveles de impacto para los diferentes ámbitos de impacto

Una vez se tienen los niveles de probabilidad e impacto, se asigna a cada riesgo identificado en el apartado anterior los valores correspondientes. Los resultados son ponderados en función de los impactos, dando más peso al coste y al tiempo sobre el alcance y la calidad, esto da como resultado una media ponderada de cada riesgo, asociándole un nivel de impacto. Los resultados en pueden ver en la siguiente matriz:

[Matriz a corregir – en proceso]

Para los riesgos con un nivel de impacto y probabilidad altos se elabora una estrategia, en este caso:

RIESGO	ESTRATEGIA	DESCRIPCIÓN
Relación con la comunidad	Mitigar	Mitigar las posibles desavenencias con la comunidad por medio de una campaña de promoción, información e inversión en la comunidad
Fallo Estructural	Mitigar	Asegurar, por medio de controles y auditorías externas, que el túnel es estructuralmente seguro

Deterioro de las Relaciones Internacionales	Mitigar	Como acciones de mitigación se determinan la diplomacia y el diálogo, siempre con un respeto mutuo y comprometiéndose a las normas y acuerdos en un principio pactados. Además, se plantea la posibilidad de utilizar un órgano imparcial que haga de mediador neutral.
--	---------	---

Para las oportunidades se elaboran estrategias de aprovechamiento:

OPORTUNIDAD	ESTRATEGIA	DESCRIPCIÓN
Relación con las comunidades	Aumentar	La relación es inevitable, pero una buena campaña de concienciación de los beneficios para la comunidad puede asentar favorecer unas buenas relaciones, que puede aportar trabajadores locales, apoyo frente a instituciones y otros beneficios.
Subcontratación	Compartir / Explotar	La relación y el trabajo entre las subcontratas es básico para el desarrollo del proyecto. La posibilidad de subcontratar a gente muy cualificada y potenciar las relaciones entre subcontratas hará posible un adecuado desarrollo del proyecto.
Mercado financiero	Aumentar	Aprovechar las fluctuaciones de los precios y del coste de la divisa para adquirir materia prima en aquellos momentos en los que es más barata. Implica coordinar en el tiempo las actividades con la previsión de adquisición

12. Plan de gestión de comunicaciones

A continuación, se desarrolla el plan de gestión de comunicaciones, en el que se ha elaborado una lista de actividades de comunicación. A cada actividad de comunicación se le han asignado objetivos, formato, responsable y recursos. De esta forma cada tarea de comunicación queda unívocamente definida y puede realizarse un seguimiento de esta por el responsable.

RECURSOS	Sala de reuniones. Día de la semana fijado para toda la duración del proyecto.	Informes y trabajo previo.	Trabajo en el informe, la notificación y envío
RESPONSABLE	Jefes/Responsables de departamentos	Responsables Financiero y de Obras	Director del proyecto
RECEPTOR	Departamentos	Proveedores y subcontrataciones	Autoridades de los gobiernos involucrados
FECHAS	Una vez por semana	Meses antes del inicio de obra	Comienzo del proyecto
FORMATO	Presencial	Presencial, online o telefónico.	Digital y físico
OBJETIVO	Realizar seguimiento del proyecto.	Concretar fechas de entregas y características de los recursos	Resumir las principales características del proyecto
ACTIVIDAD	Reuniones semanales	Reuniones con proveedores y subcontrataciones	Informe de inicio de proyecto

Sala de reuniones. Tiempo reservado para la actividad.	Trabajo en el informe, la notificación y envío	Tiempo necesario para la visita	Los medios necesarios para cumplir con la difusión
Dirección del proyecto	Dirección del proyecto	Dirección del proyecto	Dirección del proyecto junto a las autoridades de los países involucrados
Jefes/Responsables de los departamentos	Autoridades de los gobiernos involucrados y los distintos departamentos	Representantes de las autoridades	Público
Inicio de obra	Una vez al mes durante la obra	Trimestral	Con el cumplimiento de los hitos más destacables
Presencial	Digital y físico	Presencial	Televisión, radio, prensa escrita, redes sociales, etc.
Informar de las necesidades previas	Recopilar con un informe el estado de la obra	Comprobar que se cumplen las especificaciones y avances	Dar a conocer los avances del proyecto a nivel global
Reunión al inicio de obra	Informe mensual de obra	Visitas a pie de obra	Reuniones con los medios de comunicación

Tabla 2: Plan de gestión de comunicaciones

12.1. Elemento de comunicación

Como parte de la gestión de la comunicación se ha diseñado un póster, mostrado en la Figura 21. Este póster es parte de la estrategia de comunicación para dar a conocer el proyecto y compartir la información general sobre el mismo. Se ha planteado de la siguiente manera.

El cartel consta de 5 partes diferenciadas:

1. Título, subtítulo y logo: es esencial identificarnos.
2. Breve descripción del proyecto: en la que se muestra la información esencial básica del proyecto.
3. Datos importantes: Se profundiza un poco más mediante algunos datos numéricos y determinantes.
4. Recursos necesarios: Se especifican algunos de los recursos que se utilizarán a lo largo del proyecto. Además, se expone una comparativa entre el presupuesto inicial estimado y el coste final del proyecto real del Eurotúnel.
5. Beneficios: se quiere enfatizar el impacto positivo que tendrá el proyecto, resaltando el beneficio comercial y la sostenibilidad como aspecto fundamental del tren como medio de transporte.

M2/G4 TUNNEL PARA CONECTAR A LAS PERSONAS



El Eurotúnel, inaugurado en 1994, conecta el Reino Unido y Francia mediante un túnel ferroviario submarino de 50.5 km bajo el Canal de la Mancha. Permite el transporte de pasajeros y carga a través de trenes Eurostar y trenes de transporte de vehículos. Este túnel es una obra de ingeniería notable que ha mejorado significativamente el comercio y el turismo entre el Reino Unido y Europa continental..



Datos importantes

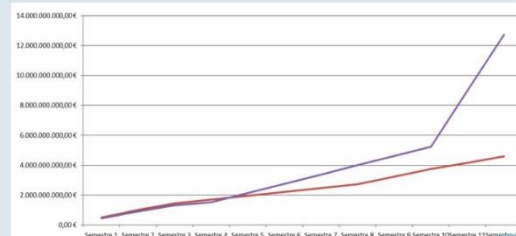
1

- Estimación duración 6 años, duración real 8 años
- Longitud del túnel 50.5 km entre Calais y Folkestone
- Equipado con altos estándares de calidad y seguridad
- Generar un transporte mas sostenible y con un menor impacto ambiental

2

Recursos necesarios

- Equipo de dirección de 6 Ingenieros
- 5000-8000 obreros
- 12 tuneladoras
- Presupuesto inicial 4500 millones €
- Coste final real 14000 millones €



Beneficios del Eurotunnel

3

El Eurotúnel facilita el comercio y reduce costos logísticos al permitir un transporte rápido de mercancías entre el Reino Unido y Europa. Mejora la economía al promover intercambios comerciales y ofrece una opción fiable para el traslado de vehículos y pasajeros. Además, fomenta el turismo y contribuye a la sostenibilidad como alternativa más ecológica a los viajes aéreos.

Figura 21: Póster, elemento de la estrategia de comunicación

13. Plan de adquisiciones

Un documento interno en el que especifiquemos los requisitos de compra del proyecto

Podemos poner los requisitos de las subcontrataciones

Como sería un posible formato de un documento de licitación

Exponer aquí los términos a cumplir, criterios del concurso

Como se va a realizar los pagos

Para licitaciones superiores a tanto millones se requieren mínimo 3 ofertas

14. Bibliografía

A continuación, se incluyen una serie de links de donde se ha obtenido información de referencia sobre el proyecto. Al ser este trabajo inspirado en un proyecto real, pero realizado al completo por nosotros y sin ninguna intención de hacer referencias al proyecto real, no se han incluido referencias a lo largo de este informe.

[Eurotúnel: todo lo que necesitas saber para atravesar el Canal de La Mancha en coche | Auto Bild España](#)

Requisitos producto/proyecto:

- Distancia calais-folkestone línea recta: [Distancia de Folkestone → Calais - Línea recta, ruta de conducción, punto medio \(distance.to\)](#)
- [22MMAN Trabajo Grupal_CASO EUROTÚNEL GR08 - PROYECTO DE LA CONSTRUCCIÓN DEL EUROTÚNEL Presentado - Studocu](#)
- [Requisitos de un proyecto: evita las dudas | OBS Business School](#)
- [Eurotúnel: todo lo que necesitas saber para atravesar el Canal de La Mancha en coche | Auto Bild España](#)
- Crecimiento mercancías via terrestre: <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/europe-road-freight-transport-market>
- Porcentajes transporte mercancías: <https://www.mecalux.es/articulos-de-logistica/europa-en-ruta>
- Porcentajes transporte viajeros: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Passenger_transport_statistics/es&oldid=354093
- Comercio UK con UE: <https://www.eleconomista.es/economia/noticias/11938389/09/22/Reino-Unido-aun-focaliza-un-43-de-su-comercio-en-la-UE-pese-al-Brexit.html>
- Coste carretera vs via: <https://www.rtve.es/noticias/20130716/kilometro-carretera-espana-cuesta-cuatro-veces-mas-por-usuario-alemania/715502.shtml#:~:text=El%20coste%20total%20de%20cada,de%20euros%20en%20las%20autov%C3%ADas.>

<https://www.eleconomista.es/empresas-finanzas/noticias/5818031/05/14/Espana-es-el-pais-con-menor-coste-por-kilometro-construido-en-alta-velocidad.html#:~:text=En%20condiciones%20normales%20de%20operaci%C3%B3n,para%20el%20montaje%20de%20v%C3%ADa.>

<https://finmodelslab.com/blogs/kpi-metrics/bridge-and-tunnel-construction-kpi-metrics>

Anexo 1

Mete aquí el Gantt como puedas