

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería de Organización Industrial

Gestión de un proyecto de urbanización aplicado a un terreno con viviendas habitadas

Autor: Daniel Albarracín Cortés

Tutor: Luis Onieva Giménez

Dpto. Organización Industrial y Gestión de
Empresas II
Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Sevilla, 2022



Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería de Organización Industrial

Gestión de un proyecto de urbanización aplicado a un terreno con viviendas habitadas

Autor:
Daniel Albarracín Cortés

Tutor:
Luis Onieva Giménez
Catedrático

Dpto. de Organización Industrial y Gestión de Empresas II
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla
Sevilla, 2022

Trabajo Fin de Grado: Gestión de un proyecto de urbanización aplicado a un terreno con viviendas habitadas

Autor: Daniel Albarracín Cortés

Tutor: Luis Onieva Giménez

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2022

El Secretario del Tribunal

Agradecimientos

En primer lugar, a mi familia, causante de que hoy escriba estas líneas. Por mantener vivo mi espíritu de superación, por creer en mí en momentos donde no veía salida alguna y por empujar conmigo para encontrarla.

A mis compañeros, los que llegaron y los que se fueron. De los que aprendí que todos peleábamos por un mismo fin y que, a día de hoy, todos estamos más cerca de lograrlo.

A mi tutor Luis Onieva, por permitirme escribir bajo su tutela el trabajo que pondrá fin a todos estos años de aprendizaje.

Daniel Albarracín Cortés

Sevilla, 2022

Resumen

La realización de este trabajo permite abordar la planificación y gestión de un proyecto real, concretamente la urbanización de un terreno conformado por un conjunto de viviendas el cual no dispone de elementos básicos como asfaltado e iluminación de las calles.

Todo esto se abordará desde cuatro pilares fundamentales pertenecientes a la rama de gestión de proyectos: el alcance, el tiempo, los costes y los riesgos.

El alcance del proyecto recopila los intereses de los principales afectados por el proyecto, así como el enunciado de alcance del proyecto y la estructura de desglose del trabajo, denominada EDT.

El tiempo se estudiará identificando y analizando las distintas actividades en las que se desglosa el proyecto, determinando sus duraciones, holguras y la simulación mediante el software Crystal Ball de la duración del proyecto.

Los costes del proyecto permitirán realizar la estimación de un presupuesto global y de cada una de las distintas actividades que conforman el proyecto.

Los riesgos serán estudiados desde un punto de vista cualitativo y cuantitativo, planificando la respuesta ante cada uno de ellos.

El análisis de los cuatro pilares descritos anteriormente proporciona una visión amplia y precisa de cómo debe realizarse el proyecto.

ABSTRACT

The realization of this work allows to approach the planning and management of a real project, specifically the urbanization of a plot of land formed by a set of dwellings which does not have basic elements such as asphalt and street lighting.

All this will be addressed from four key pillars belonging to the project management: scope, time, costs and risks.

The scope of the project compiles the interests of the main stakeholders involved in the project, as well as the Project scope statement and the work breakdown structure, called EDT.

Time will be studied by identifying and analysing the different activities into which the project is broken down, determining their durations, gaps and the simulation of the duration of the project using the Crystal Ball software.

The costs of the project will make possible to estimate an overall budget and each of the different activities that make up the project.

Risks will be studied from a qualitative point of view, planning the response to each of them.

Analysis of this four pillars described above provides a comprehensive and accurate view of how the project should be carried out.

Índice

Agradecimientos	v
Resumen	vi
ABSTRACT	vii
Índice	viii
Índice de tablas	ix
Índice de figuras	x
Notación	xi
1 Introducción y objetivos	1
1.1 <i>Objetivo del Proyecto</i>	1
1.2 <i>Estructura del documento</i>	1
1.3 <i>Introducción a la gestión de proyectos</i>	1
1.4 <i>Situación actual</i>	3
2 Análisis y gestión del proyecto	5
2.1 <i>Gestión del ámbito de trabajo</i>	5
2.1.1 <i>Introducción al alcance de un proyecto</i>	5
2.1.2 <i>Interesados del proyecto (stakeholders)</i>	5
2.1.3 <i>Enunciado del alcance del proyecto</i>	8
2.1.4 <i>Estructura de Desglose del Trabajo (EDT)</i>	10
2.2 <i>Gestión del tiempo</i>	26
2.2.1 <i>Definición de las actividades del proyecto</i>	27
2.2.2 <i>Secuenciación de las actividades del proyecto</i>	32
2.2.3 <i>Estimación de la duración de las actividades del proyecto</i>	34
2.2.4 <i>Representación AEN y AEA del proyecto</i>	37
2.2.5 <i>Diagrama de Gantt del proyecto</i>	42
2.2.6 <i>Simulación de la duración del proyecto mediante Crystal Ball</i>	45
2.3 <i>Gestión de los costes</i>	46
2.3.1 <i>Estimación de costes de las actividades del proyecto</i>	47
2.3.2 <i>Presupuesto del proyecto</i>	49
2.4 <i>Gestión de los riesgos</i>	51
2.4.2 <i>Riesgos del proyecto</i>	52
2.4.3 <i>Análisis cualitativo de los riesgos</i>	54
2.4.3 <i>Planificación de la respuesta ante los riesgos</i>	57
3 Conclusiones del proyecto	66
Referencias	67

Índice de tablas

Tabla 1. Requisitos de los vecinos del terreno	7
Tabla 2. Entrada diccionario EDT gestión administrativa del proyecto	13
Tabla 3. Entrada diccionario EDT control y seguimiento actividades subcontratadas	14
Tabla 4. Entrada diccionario EDT Estudio del terreno	15
Tabla 5. Entrada diccionaria EDT Documentación propuesta	16
Tabla 6. Entrada diccionario EDT Diseño de planos	17
Tabla 7. Entrada diccionario EDT Desmontaje redes eléctricas	18
Tabla 8. Entrada diccionario EDT instalación subterránea	19
Tabla 9. Entrada diccionario EDT instalación dispositivos	21
Tabla 10. Entrada diccionario EDT Asfalto vías principales	22
Tabla 11. Entrada diccionario EDT Asfalto vías secundarias	24
Tabla 12. Entrada diccionario EDT Pruebas de calidad	26
Tabla 13. Actividades del paquete de trabajo 2.1 Estudio del terreno	28
Tabla 14. Actividades del paquete de trabajo 2.2 Documentación propuesta	28
Tabla 15. Actividades del paquete de trabajo 2.3 Diseño de planos	29
Tabla 16. Actividades del paquete de trabajo 3.1 Desmontaje redes eléctricas	29
Tabla 17. Actividades del paquete de trabajo 3.2 Instalación subterránea	29
Tabla 18. Actividades del paquete de trabajo 3.3 Instalación de dispositivos	30
Tabla 19. Actividades del paquete de trabajo 4.2 Asfalto vías secundarias	30
Tabla 20. Actividades paquete de trabajo 4.1 Asfalto vías principales	31
Tabla 21. Actividades paquete de trabajo 5. Control de calidad	31
Tabla 22. Secuencia de actividades del proyecto	32
Tabla 23. Duración estimada de las actividades del proyecto	35
Tabla 24. Estimación del coste de las actividades del proyecto	48
Tabla 25. Matriz de probabilidad e impacto de riesgos	55
Tabla 26. Tabla clasificatoria de riesgos	55
Tabla 27. Análisis cualitativo de los riesgos del proyecto	56
Tabla 28. Matriz clasificatoria de respuestas ante riesgos	59
Tabla 29. Respuesta ante riesgos en base a su importancia	59
Tabla 30. Tabla resumen de riesgos del proyecto	62

Índice de figuras

Figura 1. Asfalto actual del terreno a urbanizar	3
Figura 2. Dispositivo de iluminación actual del terreno a urbanizar	4
Figura 3. Entradas, herramientas y salidas del proceso identificar a los interesados	6
Figura 4. Diferencias entre acta de constitución del proyecto y enunciado del alcance del proyecto	9
Figura 5. Entradas, herramientas y salidas en la creación de la EDT	10
Figura 6. Estructura de desglose del trabajo	12
Figura 7. Procesos de la gestión del cronograma	27
Figura 8. Entradas, herramientas y salidas del proceso definir las actividades	28
Figura 9. Entradas, herramientas y salidas del proceso secuenciar actividades	32
Figura 10. Entradas, herramientas y salidas del proceso estimar la duración de las actividades	35
Figura 11. Diagrama AEA del proyecto	40
Figura 12. Diagrama AEN del proyecto	41
Figura 13. Diagrama de Gantt del proyecto 1/2	43
Figura 14. Diagrama de Gantt del proyecto 2/2	44
Figura 15. Resultado simulación Crystal Ball	45
Figura 16. Subprocesos de la gestión de los costes del proyecto	46
Figura 17. Entradas, herramientas y salidas del proceso Estimar los costes	47
Figura 18. Entradas, herramientas y salidas del proceso determinar el presupuesto	50
Figura 19. Subprocesos de la gestión de riesgos de un proyecto.	52
Figura 20. Entradas, herramientas y salidas del proceso identificar los riesgos	53
Figura 21. Entradas, herramientas y salidas del proceso de análisis cualitativo de riesgos	54
Figura 22. Entradas, herramientas y salidas del proceso planificar la respuesta a los riesgos	58

Notación

PMBOK	Project Management Body Of Knowledge
PMI	Project Management Institute
EDT	Estructura de Desglose del Trabajo
AEN	Diagrama Pert Actividades en Nodos
AEA	Diagrama Pert Actividades en Arcos
Crystal Ball	Software de análisis y simulación

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El presente documento describe la gestión de un proyecto de urbanización de un terreno real conformado por una serie de viviendas habitables.

El proceso de asfaltado e iluminación de calles serán las dos principales actividades cuya gestión es necesaria para poder otorgar el título de urbanización al terreno en cuestión.

La gestión de estas actividades está basada en el PMBOK, la guía de los fundamentos para la dirección de proyectos del Project Management Institute (PMI), una asociación profesional sin ánimo de lucro. En esta guía se define como proyecto al “esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único”.

1.1 Objetivo del Proyecto

El objetivo principal es la correcta gestión de un proyecto de urbanismo, siguiendo en todo momento la metodología descrita en la sexta edición del PMBOK.

La gestión desde un punto de vista de alcance, cronograma, costes y riesgos permite analizar la mayor parte de un proyecto y otorga resultados sobre la viabilidad de este, lo cual permitirá conocer si el proyecto es sostenible o por el contrario incumple determinados parámetros, ya sea por falta de presupuesto, retrasos en las actividades, o riesgos inaceptables.

Se tratará de analizar la viabilidad de éste y proporcionar una conclusión final sobre si es posible o no realizar el proyecto, buscando en todo momento adecuarlo a las restricciones iniciales y lograr su ejecución de manera satisfactoria.

1.2 Estructura del documento

El documento consta de varias partes bien diferenciadas.

En primer lugar, una breve introducción a la temática que se abordará durante las subsecuentes páginas. Esta introducción cuenta con unas líneas dedicadas al objetivo del propio Proyecto, seguidas de estos párrafos que describen la estructura del propio trabajo. Posteriormente se describe una introducción a la rama de la gestión de proyectos que permite entender de manera global qué es y cómo funciona este enfoque de la gestión, y por último un apartado que detalla la situación actual del proyecto y aspectos de interés para la comprensión del proyecto a desarrollar. Este último apartado servirá de introducción y enlace al propio análisis del proyecto.

A continuación, el segundo punto del documento, el análisis del proyecto y su gestión, abordada desde cuatro pilares fundamentales en la gestión de proyectos: el alcance, el tiempo, los costes y los riesgos. Cada uno de estos puntos corresponde a un apartado del propio documento, siendo estos analizados de manera individual y con gran cantidad de detalles.

Finalmente, un último apartado en forma de conclusiones que permite poner el broche final al proceso de análisis y gestión del proceso de urbanización tratado en el documento.

1.3 Introducción a la gestión de proyectos

La gestión de proyectos es una disciplina de estudio que actualmente se encuentra en auge total, sin embargo, es interesante entender que aunque actualmente esté considerada como una disciplina ya consolidada, si se recurre a la propia definición de gestión de proyectos comprendida en la sexta edición del PMBOK, “aplicación de un conjunto de procesos a un conjunto de áreas de conocimiento”, esto se ha realizado desde hace cientos de años, simplemente se ha hecho sin que fuera considerada una disciplina de estudio.

Históricamente hablando, durante la etapa de la prehistoria ya se realizaban actividades que a día de hoy podemos entender como gestiones de proyectos, por ejemplo a la hora de planificar cómo una tribu realizaría un ataque a un animal superior en tamaño a ellos para poder obtener alimento durante las consecuentes semanas. Durante la revolución industrial ya se dan los primeros pasos a la hora de sistematizar, optimizar y controlar los procesos en las distintas industrias, otro ejemplo claro en el que aplicar esta disciplina.

Henry Gantt, ingeniero mecánico estadounidense es actualmente considerado el “padre” de la gestión de proyectos moderna. Es a este personaje al que se le atribuye la creación en la década de 1910 del diagrama de Gantt, una herramienta de secuenciación y diagramado de actividades utilizada para la planificación de los tiempos de las actividades en un proyecto determinado.

A lo largo de este documento, la gestión de proyectos se abordará siguiendo la metodología utilizada en el PMBOK, concretamente la sexta edición. En este libro se presentan los estándares, pautas y normas para la gestión de proyectos.

La gestión de proyectos consta de distintas áreas de actuación, siendo las más importantes la gestión del ámbito del trabajo, la gestión del tiempo, la gestión de costes y la gestión del riesgo, sin embargo, otras áreas son la gestión de la calidad, la gestión de los recursos, la gestión de las adquisiciones, la gestión de la integración del proyecto, la gestión de los interesados y la gestión de las comunicaciones.

El objetivo que persigue esta disciplina es la finalización de un proyecto logrando obtener la satisfacción por parte del cliente y la adecuación del proyecto a una serie de restricciones previamente establecidas desde un punto de vista de las áreas de actuación anteriormente definidas. Para ello se llevan a cabo una serie de procesos de planificación, ejecución, control y seguimiento como puede ser la elaboración de un presupuesto para no exceder el capital asignado al proyecto, la creación de cronogramas que permitan cumplir con los plazos de tiempo establecidos, la recopilación de requisitos de los principales interesados en el proyecto para lograr su satisfacción final...

Sin embargo, aunque el objetivo de un proyecto sea el descrito anteriormente, un proyecto puede darse por finalizado si ocurre una de las siguientes situaciones:

- Se han alcanzado los objetivos fijados con los interesados.
- Se decide que no pueden alcanzarse.
- Su resultado ya no es necesario, se produce un cambio en las necesidades iniciales.

Si se analiza el histórico de proyectos realizados a lo largo del tiempo se puede observar que la mayor parte de los proyectos que fracasan o no cumplen con alguno de los requisitos establecidos es debido a que el coste del proyecto supera al presupuesto establecido, no se cumple con los plazos de tiempo y la fecha de entrega del proyecto o de una parte del mismo se retrasa, o simplemente son cancelados por falta de recursos, metodología de implantación del proyecto errónea ó falta de experiencia por parte del director de proyecto o su equipo de trabajo. Es por esto por lo que es muy importante gestionar de manera correcta un proyecto, ya que durante su planificación y elaboración se destinan una gran cantidad de recursos en forma de dinero, tiempo y personal, haciendo que su no consecución lleve asociada una serie de pérdidas importantes.

A la hora de llevar a cabo la labor de gestión de un proyecto, la figura por excelencia que se encarga de esto se denomina “project manager”, pudiendo traducirse al español como director de proyecto, siendo éste el encargado de asegurar una correcta gestión desde el inicio hasta la finalización del proyecto tratado. La persona designada como director de proyecto debe contar con una serie de conocimientos sobre gestión de proyectos y tener un conjunto de habilidades específicas para desempeñar correctamente la labor. Entre dichas habilidades destaca la gestión proactiva, sabiendo cómo actuar ante diversas situaciones, anticipándose, planificando y controlando los distintos contratiempos que puedan surgir a lo largo del desarrollo del proyecto, aplicando medidas preventivas a problemas y riesgos futuros, entre otras.

1.4 Situación actual

El terreno conformado por las viviendas al cual aplica el siguiente proyecto se construyó hace más de diez años, sin embargo, el proceso de urbanización nunca se llevó a cabo debido a la falta de interés por parte tanto de vecinos como de las administraciones implicadas.

En aquel momento, la mayor parte del terreno creado para viviendas se utilizaba como fincas privadas, terrenos para el cultivo principalmente. Actualmente esto ha dado un giro radical debido al establecimiento de viviendas estilo chalet por todo el territorio, haciendo que la necesidad de urbanizar sea cada vez mayor.

Actualmente, los requisitos de asfaltar el suelo e iluminar las calles son los únicos procesos restantes para que este terreno pueda denominarse urbanización.

Años atrás, estos dos puntos expuestos anteriormente ya sufrieron una primera implementación junto a la construcción del terreno, sin embargo, actualmente se contempla una remodelación completa de ambos elementos puesto que el asfalto es totalmente irregular e incluso existen calles creadas de manera posterior a la conformación del terreno y que por lo tanto ni siquiera han sido asfaltadas. La iluminación es insuficiente en las calles que cuentan con ella e inexistente en las formadas posteriormente a la primera obra. Además de esto, los dispositivos de iluminación dispuestos en las calles se encuentran repartidos de manera irregular y muchos de ellos no funcionan correctamente.

A continuación, en la Figura 1 y Figura 2 se muestra el estado actual del suelo y dispositivos de iluminación presentes en el terreno.



Figura 1. Asfalto actual del terreno a urbanizar



Figura 2. Dispositivo de iluminación actual del terreno a urbanizar

La situación actual de los vecinos es crítica, el asfalto se encuentra en un estado que pone en riesgo la circulación en las calles e incluso se han llegado a registrar quejas y denuncias al respecto. La iluminación no proporciona la cantidad necesaria de luz para que el tránsito por las calles sea seguro, ya sea a pie o con un vehículo.

2 ANÁLISIS Y GESTIÓN DEL PROYECTO

En este apartado se desarrolla el proceso de gestión del proyecto, enfocado principalmente en cuatro puntos fundamentales: el alcance, el tiempo, los costes y los riesgos.

Cada uno de estos puntos será analizado de manera individual de forma que el proyecto quede definido en su mayor parte. Estos puntos anteriores tienen cierta cohesión unos con otros, por lo que llevar a cabo este análisis con cierto orden es fundamental para asegurar el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

2.1. Gestión del ámbito de trabajo

Todo proyecto cuenta con cinco etapas durante su realización: iniciación, planificación, ejecución, seguimiento y control y cierre del proyecto.

El primer punto a tratar de los cuatro descritos anteriormente es la gestión del alcance, uno de los pilares fundamentales para lograr la correcta consecución del proyecto.

2.1.1 Introducción al alcance de un proyecto

La gestión del ámbito de trabajo, también conocido como gestión del alcance, “incluye los procesos requeridos para garantizar que el proyecto incluya todo el trabajo requerido, y únicamente el trabajo requerido, para completar el proyecto con éxito”, PMBOK, sexta edición.

La necesidad de definir correctamente el alcance del proyecto radica en que, al ser una etapa temprana del desarrollo del proyecto, su mala ejecución puede suponer consecuencias muy negativas conforme avanza el proyecto, como por ejemplo la necesidad de realizar cambios futuros que supongan incrementos desorbitados en los costes o retrasos en los tiempos de finalización de las actividades y/o el proyecto. Es importante dedicar buena parte del tiempo disponible a definir correctamente el alcance, puesto que los cimientos del proyecto se construyen sobre este.

El alcance del proyecto no debe confundirse nunca con el alcance del producto, ya que este último hace referencia al conjunto de características y funcionalidades que debe tener el producto resultante del proyecto, mientras que el alcance del proyecto es el conjunto de trabajos a realizar para conseguir que el producto final cuente con dichas especificaciones. Por lo tanto, el alcance del producto es englobado por el alcance del proyecto.

Las principales acciones que se llevan a cabo durante la definición y gestión del alcance del proyecto, las cuales se detallan a continuación de manera detallada son: la identificación y obtención de requisitos por parte de los interesados en el proyecto, la creación del enunciado de alcance del proyecto, y por último, la formación de la estructura de desglose del trabajo, también conocida como EDT, así como el diccionario de la EDT.

2.1.2 Interesados del proyecto (stakeholders)

El PMBOK contempla diez áreas de conocimientos, siendo éstas: la gestión de la integración, del alcance, del cronograma, de los costos, de la calidad, de los recursos, de las comunicaciones, de los riesgos, de las adquisiciones y de los interesados.

Una de estas áreas de conocimiento es la gestión de los interesados, en la cual se incluyen todos los procesos para identificar y analizar a los interesados del proyecto.

La identificación de los interesados es un proceso que cuenta con una serie de entradas, herramientas y salidas, definidos en el PMBOK que se muestra a continuación en la Figura 3.

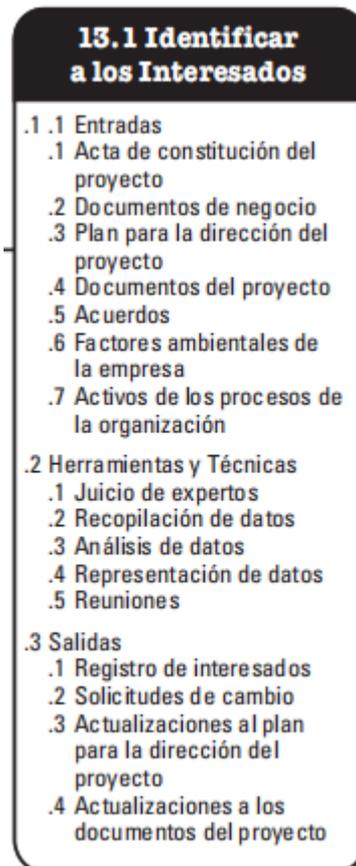


Figura 3. Entradas, herramientas y salidas del proceso identificar a los interesados

El resultado final de este proceso es el registro de interesados, tal y como se muestra en la Figura 3.

Existe una serie de diferencias entre tipos de interesados, ya que estos pueden clasificarse en interesados internos (el director de proyecto, los integrantes del equipo de proyecto, la dirección de la empresa...) y externos (el cliente, los proveedores, el patrocinador, el gobierno...). De manera posterior se identificarán y clasificarán los interesados de este proyecto concretamente.

Una vez se han identificado a los interesados se procede, mediante una serie de herramientas y técnicas, a la obtención de los requisitos y necesidades de estos (las herramientas y técnicas usadas en este proceso también se muestran en la imagen 2-1, referente a la identificación de los interesados), teniendo en cuenta siempre una serie de parámetros a la hora de establecer una condición como requisito:

- Que ayude a satisfacer la necesidad que dio lugar al proyecto.
- Que esté incluido dentro del acta de constitución.
- Que pueda integrarse en el enunciado del alcance del proyecto.
- Que no sea incompatible con las restricciones que tenga impuestas el proyecto.

En caso de que no cumpla con alguna de las anteriores situaciones se valorará su inclusión en el proyecto.

El acta de constitución del proyecto mencionada en los puntos anteriores es el documento por excelencia que inicia con el proyecto. Según el PMBOK, puede definirse como “documento emitido por el patrocinador del proyecto, que autoriza formalmente la existencia de un proyecto y confiere al director del proyecto la autoridad para aplicar los recursos de la organización a las actividades del proyecto”.

En el proyecto documentado están presentes los siguientes interesados:

- Vecinos del terreno.
- Arquitecto municipal.
- Ayuntamiento de la ciudad.
- Empresa de asfaltado.
- Empresa de iluminación.

El rol de cliente es adoptado por los propios vecinos del terreno, ya que son las personas que disfrutarán del resultado final del proyecto. Estos contribuyen en gran medida en la planificación y control del progreso del proyecto. Desde un punto de vista de interés en el proyecto, los vecinos son los que tienen un mayor grado de interés en el desarrollo de éste de manera satisfactoria, ya que, además de ser los beneficiarios finales del proyecto, son estos los que financian la urbanización del terreno.

Dentro del propio Ayuntamiento se encuentra la figura del director de proyecto, la cual recae sobre el arquitecto municipal, encargado de gestionar el proyecto de principio a fin. Se encarga de llevar a cabo el estudio del terreno, la elaboración de planos, la contratación de empresas externas para el desarrollo de las actividades, entre otras actividades. Desde un punto de vista de gestión es el encargado de asegurar que el proyecto se desarrolla dentro de las condiciones establecidas, tratando en todo momento de cumplir con los objetivos y necesidades de los distintos interesados. No es el interesado principal en el proyecto, sin embargo, su nivel de implicación con el mismo ha de ser alto.

El ayuntamiento como figura genérica se encarga de llevar a cabo labores de administración, las cuales deben llevarse a cabo para lograr el correcto funcionamiento del proyecto.

Las distintas empresas de iluminación y asfaltado toman el rol de “terceros”, entendidas como subcontrataciones llevadas a cabo por el director de proyecto para la realización de distintos trabajos. El interés de estos grupos de interesados es medio, su papel en el proyecto pasa únicamente por la realización de las actividades de ejecución, asegurando la satisfacción de los vecinos y del propio Ayuntamiento en los resultados obtenidos.

Para la obtención de los requisitos de cada uno de los interesados se han utilizado las técnicas y herramientas vistas en la Figura 3, concretamente las reuniones.

Los resultados de los requisitos obtenidos de los clientes se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Requisitos de los vecinos del terreno

Requisitos de interesados: vecinos del terreno	
Requisito número 1	Iluminación suficiente en todas las calles, incluidas calles no principales de la urbanización.
Requisito número 2	Asfaltado en todas las calles, incluidas calles no principales de la urbanización, además de asegurar la calidad de dicho asfalto.
Requisito número 3	Asfaltado de las entradas a la urbanización (conexiones entre las salidas de la carretera principal externa y las calles principales del terreno).
Requisito número 4	Coste por vecino no superior a 4000 euros.
Requisito número 5	Fecha de finalización del proyecto previa a enero de 2024.

Los requisitos del proyecto de manera general se basan en el cumplimiento de la calidad y la legislación de urbanización de terrenos privados. Estos requisitos deben ser cumplidos en su totalidad y sin excepciones para considerar finalizado el proyecto.

Aunque los requisitos del proyecto se establezcan en una etapa temprana del proceso, es importante contar con diversos puntos de control en los que cliente y director de proyecto se reúnan para controlar el progreso, pudiendo darse dos situaciones distintas:

- El proyecto se desarrolla de manera correcta. El cliente muestra su satisfacción al respecto y se continúa con lo establecido.
- El proyecto debe modificarse, ya sea debido a una situación no prevista o un cambio en los requisitos de los interesados (en este caso se valorará la posibilidad de corrección siempre y cuando no incumpla los puntos detallados anteriormente sobre el establecimiento de una condición como requisito o el cambio solicitado no pueda aplicarse debido a que el proyecto se encuentre en una etapa muy avanzada para su integración).

La manera de llevar a cabo dichos puntos de control será mediante reuniones cada cierto tiempo en las que un vecino portavoz representará a la comunidad completa. Todos los puntos tratados en dichas reuniones deben documentarse para tener constancia de ellos, acaben en acuerdo o no.

2.1.3 Enunciado del alcance del proyecto

Una vez identificados los interesados y obtenidos los requisitos de estos, se define el alcance que abarca el proyecto. Esto se obtiene con la creación del enunciado de alcance del proyecto.

El enunciado del alcance del proyecto definido según el PMBOK es “la descripción del alcance, de los entregables principales, de los supuestos y restricciones del proyecto. El enunciado del alcance del proyecto documenta el alcance en su totalidad, incluyendo el alcance del proyecto y del producto”.

Se ha hecho referencia a un término que no ha sido definido anteriormente, el entregable, el cual es descrito por el PMBOK como “cualquier producto, resultado o capacidad único y verificable para ejecutar un servicio que debe producir para completar un proceso, una fase o un proyecto”.

Descrito en qué consiste el enunciado del alcance, éste podría ser confundido con el acta de constitución del proyecto, sin embargo, la diferencia entre ambos radica en el nivel de detalle proporcionado, siendo el acta de constitución un documento con información de alto nivel, mientras que el enunciado del alcance dispone de un gran abanico de detalles sobre el alcance del proyecto y el producto.

En la Figura 4 se muestran los elementos de ambos documentos descritos anteriormente según el PMBOK para entender qué contiene cada uno de ellos.

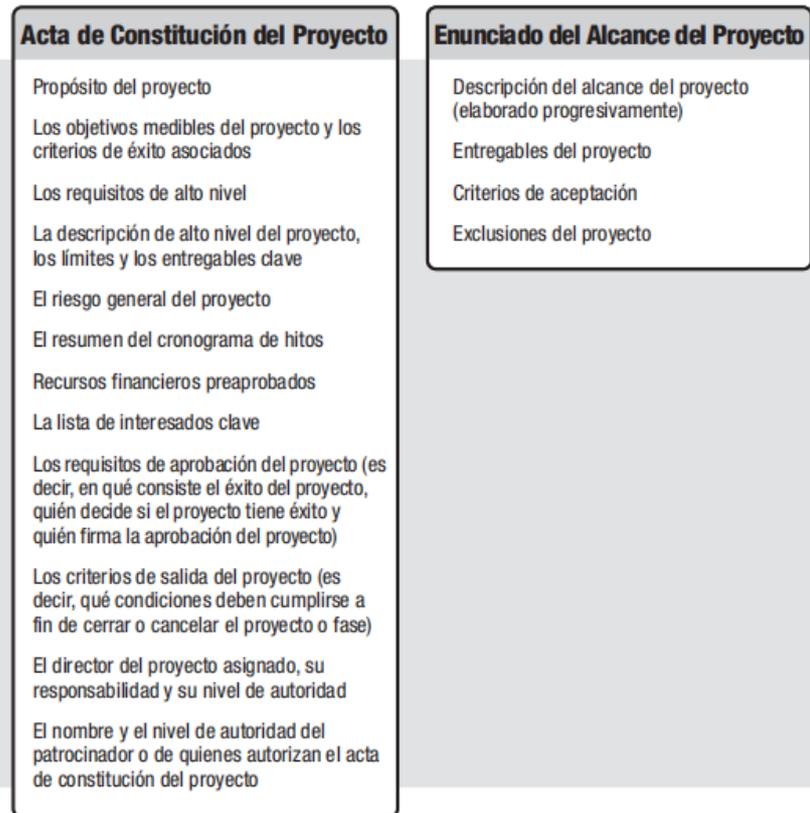


Figura 4. Diferencias entre acta de constitución del proyecto y enunciado del alcance del proyecto

Los puntos que se van a definir de manera clara en el enunciado de este proyecto son: restricciones del proyecto, exclusiones del proyecto y supuestos del proyecto, así como los principales entregables del proyecto, además de los criterios de aceptación para dichos entregables.

En primer lugar, las restricciones adoptadas en el proyecto han sido las siguientes:

- Presupuesto máximo aprobado por los vecinos no superior a 1.250.000€.
- Tiempo de ejecución del proyecto no superior a ocho meses, siendo su fecha máxima de finalización el día 1 de enero de 2024.

El principal supuesto del proyecto es el éxito de éste, basado en el cumplimiento de todos los objetivos y las restricciones mostradas anteriormente. Este éxito entiende también la satisfacción por parte de los vecinos del terreno, los principales interesados del proyecto. Otros supuestos del proyecto son:

- La existencia de empresas que serán capaces de ejecutar la obra cumpliendo con la legislación, estándares de calidad y asegurando que el resultado obtenido es el especificado previamente por el director de proyecto.
- El proceso de iluminación, el cual será realizado de manera previa al asfaltado del suelo (ya que el cableado eléctrico será subterráneo), se finalizará en los cuatro primeros meses de proyecto, dejando cuatro meses restantes para el asfaltado completo de las vías.

En un primer momento no se consideran exclusiones en el proyecto, ya que, a primera vista, pueden cumplirse todos los requisitos impuestos por los clientes, así como el cumplimiento de la legislación y los estándares de calidad, todo bajo las restricciones establecidas anteriormente.

Los principales entregables del proyecto son cuatro, y son en la recepción de estos cuando el cliente debe mostrar su satisfacción o insatisfacción al respecto para considerar acciones correctivas durante el proyecto. Se detallan a continuación cada uno de ellos:

- El primer entregable son los informes con los planos de asfaltado e iluminación, mostrando el alcance del producto final. Estos planos engloban tanto imágenes en vista de planta del terreno completo, así como imágenes y dibujos de los dispositivos de iluminación. También se incluyen aquí las especificaciones relativas al tipo de asfalto a implantar, las características de los dispositivos de iluminación, y todos los detalles necesarios para asegurar que el cliente conoce cual es el alcance del producto final del cual se beneficiará. Es durante este entregable cuando el cliente puede proponer más modificaciones (cuya viabilidad se debe estudiar), puesto que aún el proyecto se encuentra en una fase temprana de desarrollo.
- El segundo entregable consta de los informes relativos a los presupuestos para financiar todo el proyecto, desglosado por actividades principales para que el cliente entienda el coste de las principales acciones a realizar. En este entregable sigue siendo posible realizar acciones correctivas propuestas por los clientes.
- El tercer entregable tiene lugar justo a la finalización del proceso de iluminación del terreno y previa al asfaltado, y está formado por los informes finales de dicho proceso, mostrando el resultado final del producto instalado y la manera de hacerlo. En este entregable el cliente puede mostrar su grado de satisfacción, pero el proceso de iluminación ha culminado y por tanto no se permiten acciones correctivas.
- El cuarto entregable es la documentación final entregada al cliente una vez se ha terminado la obra y el proyecto ha finalizado. En este entregable el proyecto ha concluido y el cliente puede mostrar su satisfacción o insatisfacción al respecto, pero no puede proponer cambios ni acciones correctivas.

2.1.4 Estructura de Desglose del Trabajo (EDT)

La estructura de desglose del trabajo (EDT), según el PMBOK consiste en “subdividir los entregables del proyecto y el trabajo del proyecto en componentes más pequeños y fáciles de manejar”.

El objetivo principal de la EDT consiste en identificar y definir todo el trabajo requerido, asignar las responsabilidades a los elementos de la organización y lograr que mediante la EDT se pueda llevar a cabo un correcto desarrollo del cronograma y presupuesto del proyecto.

El proceso de creación de la EDT consta de una serie de entradas, herramientas y salidas que se muestran en la Figura 5.

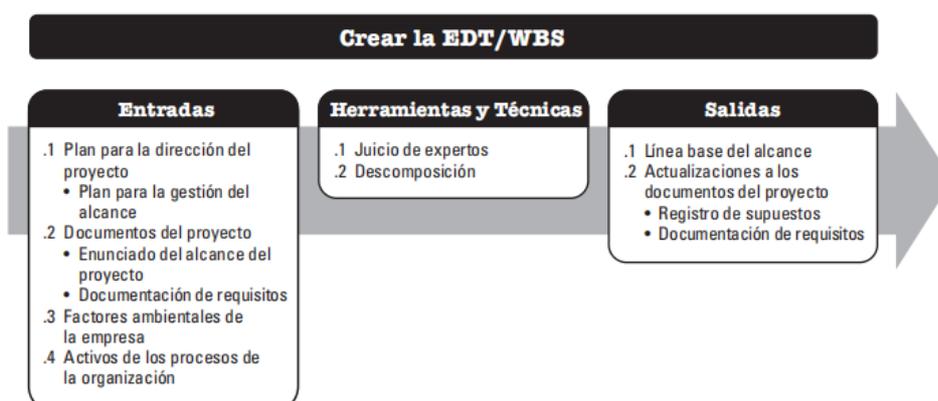


Figura 5. Entradas, herramientas y salidas en la creación de la EDT

De manera previa a mostrar la EDT creada es interesante definir el concepto de paquete de trabajo.

Un paquete de trabajo es el componente de más bajo nivel de descomposición en la estructura de desglose del trabajo, y es muy importante crear la EDT en base a estos elementos puesto que permiten un manejo mejor de los tiempos y costes de las actividades.

Los paquetes de trabajo se obtienen subdividiendo los entregables del proyecto hasta llegar al máximo nivel de descomposición.

Existen una serie de parámetros que hacen ver que hemos llegado a los paquetes de trabajo del último nivel de descomposición:

- Al paquete de trabajo se le puede asignar un coste y tiempo de realización de manera precisa.
- La duración del paquete de trabajo no es excesiva.
- El proceso del que consta el paquete de trabajo puede realizarse sin interrupciones ya que la información está disponible.
- El desarrollo del proceso contenido en el paquete de trabajo puede asignarse a una persona o grupo de personas específico.

El número de niveles de los que consta la EDT será el necesario para permitir una buena planificación, gestión y control del trabajo, sin aumentar innecesariamente las tareas administrativas y no productivas de gestión.

El sumatorio de los componentes de cada uno de los niveles debe conformar el 100% del alcance del componente que los engloba, siendo posible de esta forma obtener el alcance del proyecto mediante la suma del primer nivel de descomposición.

Algunos errores en los que se suele incurrir a la hora de entender y crear la estructura de desglose del trabajo son:

- Crear la EDT como si fuese una lista de tareas, sin establecer relaciones entre los componentes.
- Crear la EDT mostrando precedencias entre actividades. No es un cronograma.
- No consultar la EDT durante la realización del proyecto, cuando esta debe ser el elemento principal al que recurrir cuando se plantean cambios en el proyecto.
- No incluir las actividades de soporte del proyecto tales como la gestión administrativa, procesos de gestión...

En conjunto a la EDT se crea el diccionario de la EDT, un elemento de apoyo, en el cual se detallan los paquetes de trabajo enunciados en el diagrama de la EDT.

Algunos de los puntos que se pueden incluir en el diccionario son, entre otros:

- El código identificador del paquete de trabajo.
- La descripción del trabajo.
- La organización responsable.
- Los recursos necesarios.
- Los criterios de aceptación.
- La duración de la actividad.
- La persona u organización que aprobó el desarrollo de la actividad.

En la Figura 6 se muestra la EDT de este proyecto.

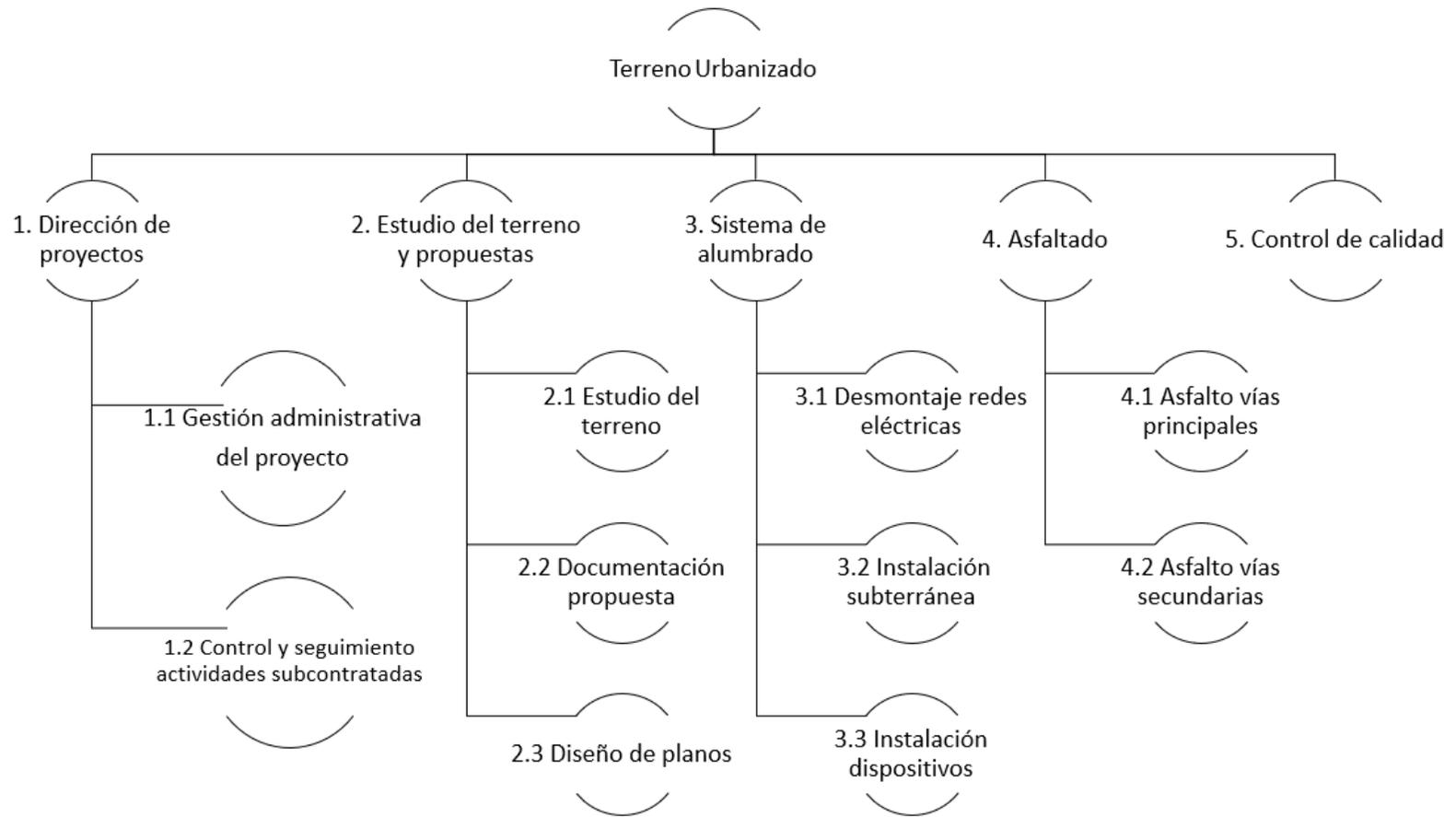


Figura 6. Estructura de desglose del trabajo

De manera contigua se muestran las distintas entradas al diccionario de la EDT. Se entiende como entrada a cada uno de los paquetes de trabajo descritos de manera detallada.

Tabla 2. Entrada diccionario EDT gestión administrativa del proyecto

Nombre del paquete de trabajo	Gestión administrativa del proyecto.
Número identificador	1.1
Descripción del paquete de trabajo	Realización de labores administrativas durante el desarrollo del proyecto, asegurando una correcta labor de organización y documentación.
Persona u organización ejecutante	Ayuntamiento.
Responsable	Encargado administrativo del Ayuntamiento.
Recursos asignados	<ul style="list-style-type: none"> • Personal del Ayuntamiento. • Ordenadores. • Material de oficina.
Criterios de aceptación	La documentación entregada debe ser revisada y aprobada por el responsable (encargado administrativo).
Duración	La totalidad del proyecto.
Hitos	<p>08/01/2023 – Aprobación del proyecto.</p> <p>10/04/2023 – Documentación final del alumbrado archivada.</p> <p>15/06/2023 – Documentación final del asfaltado archivada.</p> <p>15/06/2023 – Cierre del proyecto.</p>
Aprobado por	Arquitecto municipal.

Tabla 3. Entrada diccionario EDT control y seguimiento actividades subcontratadas

Nombre del paquete de trabajo	Control y seguimiento actividades subcontratadas.
Número identificador	1.2
Descripción del paquete de trabajo	Actividades de control y seguimiento a las empresas de alumbrado y asfaltado para asegurar el correcto desarrollo del proyecto bajo las condiciones impuestas.
Persona u organización ejecutante	Arquitecto municipal.
Responsable	Arquitecto municipal.
Recursos asignados	Personal asignado (arquitecto municipal).
Criterios de aceptación	La documentación elaborada debe ser sometida a revisión y aprobación por el propio Ayuntamiento para corroborar al arquitecto municipal.
Duración	La totalidad del proyecto.
Hitos	10/04/2023 – Reunión entre empresa de alumbrado y arquitecto municipal para finalizar con el seguimiento del alumbrado. 15/06/2023 – Reunión entre empresa de asfaltado y arquitecto municipal para finalizar con el seguimiento del asfaltado.
Aprobado por	Arquitecto municipal.

Tabla 4. Entrada diccionario EDT Estudio del terreno

Nombre del paquete de trabajo	Estudio del terreno.
Número identificador	2.1
Descripción del paquete de trabajo	Estudio del sistema actual de alumbrado y asfaltado en el terreno para el entendimiento de la situación actual y cómo abordar la reforma.
Persona u organización ejecutante	<ul style="list-style-type: none"> • Empresa de alumbrado subcontratada. • Empresa de asfaltado subcontratada.
Responsable	Responsable asignado por la empresa.
Recursos asignados	<ul style="list-style-type: none"> • Personal de la empresa. • Grúa elevadora. • Martillo neumático. • Equipamiento de seguridad eléctrica (según Real Decreto 187/2016). • Planos actuales del terreno.
Criterios de aceptación	<p>El estudio realizado debe tratar los siguientes puntos para su posterior documentación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estudio de la red aérea de tensión (cableado y conexiones). • Estudio de los dispositivos de alumbrado. • Estudio de los dispositivos de control. • Estudio de la viabilidad de la instalación subterránea. • Estudio del asfalto actual en vías principales, secundarias y entradas. • Estudio de la adaptación de arquetas y tapas de registro al nuevo asfalto. • Estudio de viabilidad de los distintos tipos de asfalto a utilizar.
Duración	8 días.
Hitos	<p>10/01/2023- Entrega de los planos del alumbrado a la empresa.</p> <p>10/01/2023 – Entrega de los planos de asfaltado a la empresa.</p>
Aprobado por	Arquitecto municipal.

Tabla 5. Entrada diccionaria EDT Documentación propuesta

Nombre del paquete de trabajo	Documentación propuesta.
Número identificador	2.2
Descripción del paquete de trabajo	Realización de informes con la información recopilada en el análisis del alumbrado y del asfaltado, así como la propuesta a implantar.
Persona u organización ejecutante	<ul style="list-style-type: none"> • Empresa de alumbrado subcontratada. • Empresa de asfaltado subcontratada.
Responsable	Responsable asignado por la empresa.
Recursos asignados	<ul style="list-style-type: none"> • Personal de la empresa. • Documentación existente del alumbrado del terreno. • Documentación existente del asfalto del terreno.
Criterios de aceptación	<p>El informe debe contener los siguientes puntos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Descripción de la situación actual del alumbrado. • Descripción de la situación actual del asfalto. • Propuestas a implantar. <p>El informe debe respetar en todo momento la guía de instalaciones de alumbrado exterior (ITC-BT-09) y la norma 6.3 IC.</p>
Duración	10 días.
Hitos	19/01/2023- Reunión con las empresas y recepción de la documentación elaborada.
Aprobado por	Arquitecto municipal.

Tabla 6. Entrada diccionario EDT Diseño de planos

Nombre del paquete de trabajo	Diseño de planos.
Número identificador	2.3
Descripción del paquete de trabajo	Creación de los planos finales de distribución de los elementos del alumbrado y planos del asfaltado.
Persona u organización ejecutante	<ul style="list-style-type: none"> • Arquitecto municipal. • Empresa de alumbrado subcontratada. • Empresa de asfaltado subcontratada.
Responsable	Arquitecto municipal.
Recursos asignados	<ul style="list-style-type: none"> • Personal de la empresa. • Arquitecto municipal. • Informes del alumbrado realizados por la empresa subcontratada. • Informes del asfalto realizados por la empresa subcontratada.
Criterios de aceptación	<p>Los planos deben incluir:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Planos acotados de la instalación subterránea. • Planos acotados de la localización de los dispositivos de alumbrado y elementos de control. • Planos del asfaltado en vías principales. • Planos del asfaltado en vías secundarias.
Duración	12 días.
Hitos	25/01/2023 – Reunión entre las empresas y arquitecto para contrastar los diseños y envío de planos al Ayuntamiento.
Aprobado por	Arquitecto municipal.

Tabla 7. Entrada diccionario EDT Desmontaje redes eléctricas

Nombre del paquete de trabajo	Desmontaje redes eléctricas.
Número identificador	3.1
Descripción del paquete de trabajo	Actividades de desmontaje de los elementos de la red eléctrica del terreno.
Persona u organización ejecutante	Empresa de alumbrado subcontratada.
Responsable	Jefe de obra de la empresa subcontratada.
Recursos asignados	<ul style="list-style-type: none"> • Personal de la empresa. • Equipamiento de seguridad eléctrica (según Real Decreto 187/2016). • Grúa elevadora. • Herramientas necesarias: destornilladores, alicates, martillos...
Criterios de aceptación	<p>Las actividades de desmontaje deben incluir:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desmontaje de dispositivos de iluminación. • Desmontaje del cableado de las redes aéreas, así como de los elementos de soporte. • Desmontaje de los elementos de control.
Duración	14 días.
Hitos	10/02/2023 – Desechado de piezas a punto de reciclaje.
Aprobado por	Arquitecto municipal.

Tabla 8. Entrada diccionario EDT instalación subterránea

Nombre del paquete de trabajo	Instalación subterránea.
Número identificador	3.2
Descripción del paquete de trabajo	Proceso de apertura del suelo y montaje de las líneas de tensión subterráneas.
Persona u organización ejecutante	Empresa de asfaltado subcontratada.
Responsable	Jefe de obra de la empresa subcontratada.
Recursos asignados	<ul style="list-style-type: none"> • Personal de la empresa. • Pala retroexcavadora. • Equipamiento de seguridad para trabajos en excavaciones. • Equipamiento de seguridad eléctrica (según Real Decreto 187/2016). • Cubas para almacenamiento. • Martillo neumático. • Estructuras de soporte antidesprendimientos (según NTP 278). • Cables de tipo RV-K. Cableado utilizado según ITC-BT-09. • Canalizaciones subterráneas a través de AISCAN-DB ligero (según norma UNE-EN 61386-24). • Rodillo de compactación. • Herramientas necesarias: destornilladores, alicates...
Criterios de aceptación	<p>La finalización de la obra supone:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Haber realizado las zanjas con una profundidad mínima de 0,85 metros y una anchura superior a 0,70 metros. • Asegurar la solidez de los laterales de la zanja, evitando cualquier tipo de derrumbe o desprendimiento. <p>La finalización de la instalación eléctrica subterránea supone:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Haber realizado la instalación según se detalló en la documentación creada anteriormente y en los planos de alumbrado, así como el posterior sellado del suelo.

Duración	40 días.
Hitos	<p>20/02/2023 – Zanjas realizadas en las vías principales del terreno.</p> <p>25/02/2023– Zanjas realizadas en las vías secundarias del terreno.</p> <p>10/03/2023 – Instalación eléctrica realizada en las vías principales del terreno.</p> <p>20/03/2023 – Instalación eléctrica realizada en las vías secundarias del terreno.</p>
Aprobado por	Arquitecto municipal.

Tabla 9. Entrada diccionario EDT instalación dispositivos

Nombre del paquete de trabajo	Instalación dispositivos.
Número identificador	3.3
Descripción del paquete de trabajo	Instalación de los dispositivos de alumbrado y control de la instalación eléctrica.
Persona u organización ejecutante	Empresa de alumbrado subcontratada.
Responsable	Jefe de obra de la empresa subcontratada.
Recursos asignados	<ul style="list-style-type: none"> • Personal de la empresa. • Herramientas para el montaje: destornilladores, alicates, martillos... • Grúa elevadora. • Cajas generales de protección según ITC-BT-13. • Contadores verticales según ITC-BT-16. • Equipamiento de seguridad eléctrica (según Real Decreto 187/2016). • Dispositivos de alumbrado LED que cumplan con el Real Decreto 1980/2008.
Criterios de aceptación	La finalización de esta actividad supone la instalación de todos los elementos necesarios para el alumbrado y el control y seguimiento de la red eléctrica instaurada que cumplan con la normativa impuesta.
Duración	17 días.
Hitos	28/03/2023 – Dispositivos de control instalados. 08/04/2023 – Dispositivos de alumbrado instalados.
Aprobado por	Arquitecto municipal.

Tabla 10. Entrada diccionario EDT Asfalto vías principales

Nombre del paquete de trabajo	Asfalto vías principales.
Número identificador	4.1
Descripción del paquete de trabajo	Trabajos de asfaltado de las vías principales del terreno.
Persona u organización ejecutante	Empresa de asfaltado subcontratada.
Responsable	Jefe de obra de la empresa subcontratada.
Recursos asignados	<ul style="list-style-type: none"> • Personal de la empresa. • Fresadora de pavimento asfáltico. • Pavimentadora de asfalto. • Martillo neumático. • Paletas, espátulas y nivel de burbuja. • Cubas de almacenamiento. • Barredora autocargable. • Rodillo de compactación. • Trazadora vial.
Criterios de aceptación	<p>El firme ha sido previamente preparado, posteriormente se han implementado tres capas de asfalto, una primera formada por arena y piedra granulada, una capa base de hormigón asfáltico templado y una carpeta asfáltica cuya composición es de un 90% de hormigón asfáltico, 5% de polvo mineral y 5% de ligante asfáltico. Todas las capas se han compactado de manera individual.</p> <p>Todas las arquetas y tapas de registros de las vías principales han sido adaptadas al nuevo firme, asegurando su nivelación y compactación, y cumpliendo en todo momento con la legislación presente en la norma UNE-EN 124:2015.</p> <p>Pintado de las vías principales cumpliendo con la norma 8.2-IC.</p>
Duración	34 días.

<p>Hitos</p>	<p>11/05/2023 – Eliminación del antiguo asfalto de las vías principales realizada.</p> <p>15/05/2023 – Primera capa en vías principales compactada y nivelada en su totalidad.</p> <p>26/05/2023 – Capa base en vías principales compactada y nivelada en su totalidad.</p> <p>05/06/2023 – Carpeta asfáltica en vías principales compactada y nivelada en su totalidad.</p> <p>09/06/2023 – Arquetas y tapas de registro de vías principales adaptadas al nuevo terreno.</p> <p>14/06/2023 – Vías principales pintadas en su totalidad.</p>
<p>Aprobado por</p>	<p>Arquitecto municipal.</p>

Tabla 11. Entrada diccionario EDT Asfalto vías secundarias

Nombre del paquete de trabajo	Asfalto vías secundarias.
Número identificador	4.2
Descripción del paquete de trabajo	Trabajos de asfaltado de las vías principales del terreno.
Persona u organización ejecutante	Empresa de asfaltado subcontratada.
Responsable	Jefe de obra de la empresa subcontratada.
Recursos asignados	<ul style="list-style-type: none"> • Personal de la empresa. • Fresadora de pavimento asfáltico. • Pavimentadora de asfalto. • Martillo neumático. • Paletas, espátulas y nivel de burbuja. • Cubas de almacenamiento. • Barredora autocargable. • Rodillo de compactación. • Trazadora vial.
Criterios de aceptación	<p>El firme ha sido previamente preparado, posteriormente se han implementado tres capas de asfalto, una primera formada por arena y piedra granulada, una capa base de hormigón asfáltico templado y una carpeta asfáltica cuya composición es de un 90% de hormigón asfáltico, 5% de polvo mineral y 5% de ligante asfáltico. Todas las capas se han compactado de manera individual.</p> <p>Todas las arquetas y tapas de registros de las vías principales han sido adaptadas al nuevo firme, asegurando su nivelación y compactación, y cumpliendo en todo momento con la legislación presente en la norma UNE-EN 124:2015.</p> <p>Pintado de las vías principales cumpliendo con la norma 8.2-IC.</p>
Duración	24 días.

<p>Hitos</p>	<p>12/04/2023 – Eliminación del antiguo asfalto de las vías secundarias realizada.</p> <p>15/04/2023 – Primera capa en vías secundarias compactada y nivelada en su totalidad.</p> <p>23/04/2023 – Capa base en vías secundarias compactada y nivelada en su totalidad.</p> <p>28/04/2023 – Carpeta asfáltica en vías secundarias compactada y nivelada en su totalidad.</p> <p>01/05/2023 – Arquetas y tapas de registros en vías secundarias adaptadas al nuevo terreno.</p> <p>05/05/2023 – Vías secundarias pintadas en su totalidad.</p>
<p>Aprobado por</p>	<p>Arquitecto municipal.</p>

Tabla 12. Entrada diccionario EDT Pruebas de calidad

Nombre del paquete de trabajo	Pruebas de calidad.
Número identificador	5.
Descripción del paquete de trabajo	Realización de distintas pruebas para asegurar el correcto funcionamiento del alumbrado instalado en el terreno, así como la calidad del asfalto a implantar.
Persona u organización ejecutante	<ul style="list-style-type: none"> • Empresa de alumbrado subcontratada. • Empresa de asfaltado subcontratada.
Responsable	Responsable del departamento de calidad de la empresa subcontratada.
Recursos asignados	<ul style="list-style-type: none"> • Personal de la empresa. • Equipamiento de seguridad eléctrica (según Real Decreto 187/2016).
Criterios de aceptación	<ul style="list-style-type: none"> • Alumbrado: la iluminación cumple con la normativa presente en el Real Decreto 1890/2008 y supera las distintas pruebas de calidad. • Asfaltado: realización de distintas pruebas de calidad en laboratorios para asegurar que el asfalto a implantar cumple con la normativa y se asegura la calidad de este. Estas pruebas son la caracterización del material granular, la caracterización del asfalto, ensayos de tracción indirecta y ensayos de módulo resiliente.
Duración	2 días.
Hitos	<p>10/04/2023 – Resultados de las pruebas de calidad del alumbrado recibidos y contrastados.</p> <p>10/04/2023 – Resultados del análisis del asfalto recibidos y contrastados.</p>
Aprobado por	Arquitecto municipal.

2.2 Gestión del tiempo

La gestión del tiempo es otro de los pilares que se deben tener en cuenta para lograr que un proyecto se desarrolle acorde a los objetivos.

Siguiendo con la metodología implantada en el PMBOK, a la gestión del tiempo se la denomina gestión del cronograma, y es definida como “los procesos requeridos para administrar la finalización del proyecto a tiempo”.

Los procesos de la gestión del cronograma son seis, los cuales se muestran en la Figura 7.

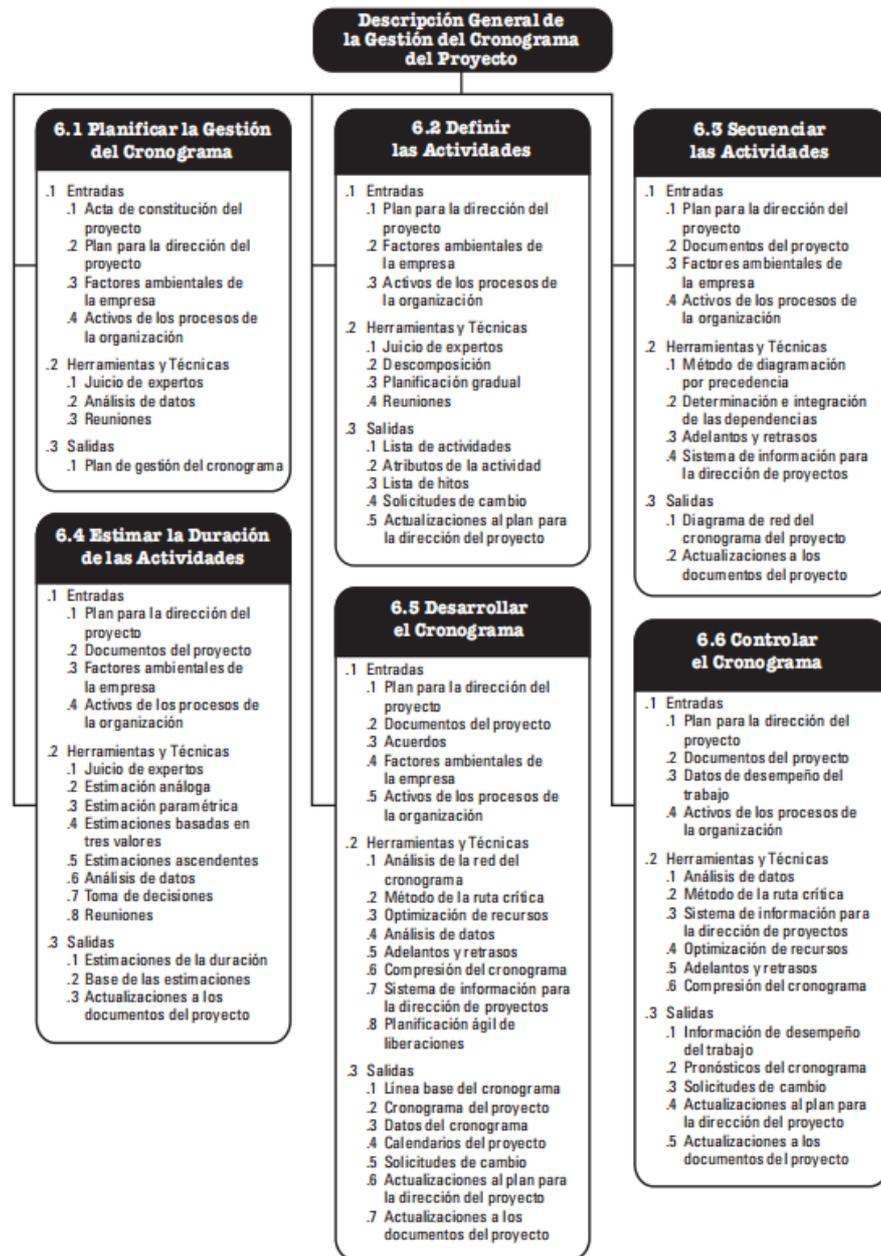


Figura 7. Procesos de la gestión del cronograma

Durante las próximas líneas se detallan una serie de procedimientos (pertenecientes a los procesos mostrados en la Figura 7) adaptados al proyecto actual, para así lograr llevar a cabo una correcta gestión del cronograma.

2.2.1 Definición de las actividades del proyecto

En primer lugar es necesario identificar y documentar las acciones específicas que se deben realizar para elaborar los entregables del proyecto.

El proceso de definir las actividades cuenta con una serie de entradas, herramientas y técnicas y, finalmente, unas salidas, las cuales se muestran en la Figura 8.



Figura 8. Entradas, herramientas y salidas del proceso definir las actividades

El objetivo es descomponer los paquetes de trabajo en actividades que proporcionan una base para la estimación y control del trabajo del proyecto.

En el caso del proyecto de urbanización que se describe en este documento, la forma de definir las actividades ha sido utilizando la metodología de descomposición, la cual toma los paquetes de trabajo mostrados en la estructura de desglose del trabajo (Figura 6), y los desglosa en actividades que permiten un mejor control del proyecto.

El resultado del proceso de definición de actividades es:

Tabla 13. Actividades del paquete de trabajo 2.1 Estudio del terreno

Código actividad según su paquete de trabajo	Actividad	Codificación actividad
2.1.1	Análisis del Sistema de alumbrado	A
2.1.2	Análisis del asfalto	B

Tabla 14. Actividades del paquete de trabajo 2.2 Documentación propuesta

Código actividad según su paquete de trabajo	Actividad	Codificación actividad
2.2.1	Escritura de la documentación del alumbrado	C
2.2.2	Escritura de la documentación del asfalto	D

Tabla 15. Actividades del paquete de trabajo 2.3 Diseño de planos

Código actividad según su paquete de trabajo	Actividad	Codificación actividad
2.3.1	Diseño de los planos de alumbrado	E
2.3.2	Diseño de los planos de asfaltado	F

Tabla 16. Actividades del paquete de trabajo 3.1 Desmontaje redes eléctricas

Código actividad según su paquete de trabajo	Actividad	Codificación actividad
3.1.1	Desmontaje dispositivos de alumbrado y control obsoletos	G
3.1.2	Desmontaje cableado y elementos de soporte aéreos	H

Tabla 17. Actividades del paquete de trabajo 3.2 Instalación subterránea

Código actividad según su paquete de trabajo	Actividad	Codificación actividad
3.2.1	Apertura de zanjas en vías principales	I
3.2.2	Apertura de zanjas en vías secundarias	J
3.2.3	Montaje instalación eléctrica en vías principales	K
3.2.4	Montaje instalación eléctrica en vías secundarias	L
3.2.5	Cierre de las zanjas para instalación eléctrica	M

Tabla 18. Actividades del paquete de trabajo 3.3 Instalación de dispositivos

Código actividad según su paquete de trabajo	Actividad	Codificación actividad
3.3.1	Instalación de los dispositivos de control	N
3.3.2	Instalación de los dispositivos de alumbrado	Ñ

Tabla 19. Actividades del paquete de trabajo 4.2 Asfalto vías secundarias

Código actividad según su paquete de trabajo	Actividad	Codificación actividad
4.2.1	Levantamiento del asfalto antiguo en vías secundarias.	O
4.2.2	Implementación de la capa de arena y piedra en las vías secundarias.	P
4.2.3	Implementación de la capa base en las vías secundarias.	Q
4.2.4	Implementación de la carpeta asfáltica en vías secundarias.	R
4.2.5	Adaptación de las arquetas y tapas de registro en las vías secundarias.	S
4.2.6	Proceso de pintado de las vías secundarias.	T

Tabla 20. Actividades paquete de trabajo 4.1 Asfalto vías principales

Código actividad según su paquete de trabajo	Actividad	Codificación actividad
4.1.1	Levantamiento del asfalto antiguo en vías principales.	U
4.1.2	Implementación de la capa de arena y piedra en las vías principales.	V
4.1.3	Implementación de la capa base en las vías principales.	W
4.1.4	Implementación de la carpeta asfáltica en vías principales.	X
4.1.5	Adaptación de las arquetas y tapas de registro en las vías principales.	Y
4.1.6	Proceso de pintado de las vías principales.	Z

Tabla 21. Actividades paquete de trabajo 5. Control de calidad

Código actividad según su paquete de trabajo	Actividad	Codificación actividad
5.1	Pruebas de calidad del alumbrado	AA
5.2	Pruebas de calidad del asfalto	BB

Además de las actividades nombradas anteriormente, se llevan a cabo una serie de actividades de administración, control y seguimiento, las cuales corresponden a los paquetes de trabajo 1.1 Gestión administrativa del proyecto y 1.2 Control y seguimiento actividades subcontratadas, sin embargo, al ser actividades cuya duración corresponde a la totalidad del proyecto, no se considera necesaria su inclusión en el cronograma, ya que no serán actividades determinantes en los tiempos del proyecto. Los costes asociados de estas actividades si se tendrán en cuenta en el apartado de gestión de costes.

2.2.2 Secuenciación de las actividades del proyecto

Tras la definición de las actividades se lleva a cabo una secuenciación de las mismas, obteniendo la precedencia entre actividades.

El PMBOK considera necesario este proceso para lograr obtener una secuencia lógica de trabajo que permita obtener la máxima eficiencia teniendo en cuenta todas las restricciones del proyecto.

El proceso de secuenciar las actividades consta de una serie de entradas, herramientas y salidas, las cuales se definen en el PMBOK y que se muestran en la Figura 9.

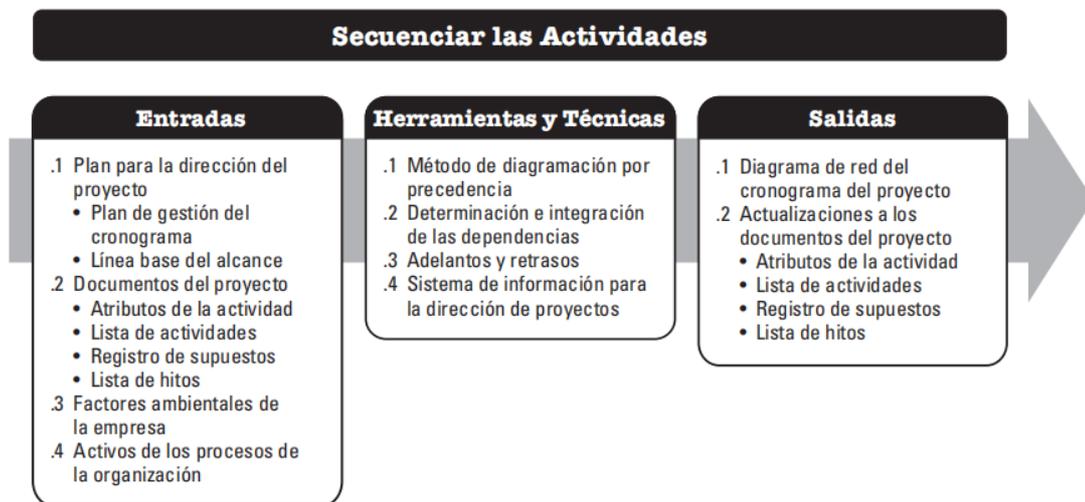


Figura 9. Entradas, herramientas y salidas del proceso secuenciar actividades

La metodología utilizada para secuencias las actividades es el método de diagramación por precedencias, definido en el PMBOK como “una técnica que permite construir un modelo de programación en el cual las actividades se representan mediante nodos y se vinculan gráficamente mediante una o más relaciones lógicas para indicar la secuencia en que deben ser ejecutadas”.

A continuación, en la Tabla 22 se muestran las actividades definidas anteriormente y sus relaciones de precedencia.

Tabla 22. Secuencia de actividades del proyecto

Actividad	Nombre de la actividad	Actividades predecesoras
A	Análisis del sistema de alumbrado.	-
B	Análisis del asfalto.	-
C	Escritura de la documentación del alumbrado.	A
D	Escritura de la documentación del asfalto.	B
E	Diseño de los planos de alumbrado.	C

Actividad	Nombre de la actividad	Actividades predecesoras
E	Diseño de los planos de alumbrado.	C
F	Diseño de los planos de asfaltado.	D
G	Desmontaje dispositivos de alumbrado y control obsoletos.	E
H	Desmontaje cableado y elementos de soporte aéreos.	G
I	Apertura de zanjas en vías principales.	H
J	Apertura de zanjas en vías secundarias.	H
K	Montaje instalación eléctrica en vías principales.	I
L	Montaje instalación eléctrica en vías secundarias.	J
M	Cierre de las zanjas para la instalación eléctrica.	K, L
N	Instalación de los dispositivos de control.	M
Ñ	Instalación de los dispositivos de alumbrado.	N
O	Levantamiento del asfalto antiguo en vías secundarias.	AA, BB
P	Implementación de la capa de arena y piedra triturada en las vías secundarias.	O
Q	Implementación de la capa base en las vías secundarias.	P
R	Implementación de la carpeta asfáltica en las vías secundarias.	Q
S	Adaptación de las arquetas y tapas de registro en las vías secundarias.	R
T	Proceso de pintado de las vías secundarias.	S

Actividad	Nombre de la actividad	Actividades predecesoras
T	Proceso de pintado de las vías secundarias.	S
U	Levantamiento del asfalto antiguo en vías principales.	T
V	Implementación de la capa de arena y piedra en las vías principales.	U
W	Implementación de la capa base en las vías principales.	V
X	Implementación de la carpeta asfáltica en vías principales.	W
Y	Adaptación de las arquetas y tapas de registro en las vías principales.	X
Z	Proceso de pintado de las vías principales.	Y
AA	Pruebas de calidad del alumbrado.	Ñ
BB	Pruebas de calidad del asfalto.	F

2.2.3 Estimación de la duración de las actividades del proyecto

El siguiente proceso que se recoge en este documento es la estimación de la duración de las actividades anteriormente secuenciadas.

Para este proceso, nuevamente, el PMBOK cuenta con una serie de entradas, herramientas y salidas, las cuales se muestran a continuación en la Figura 10.

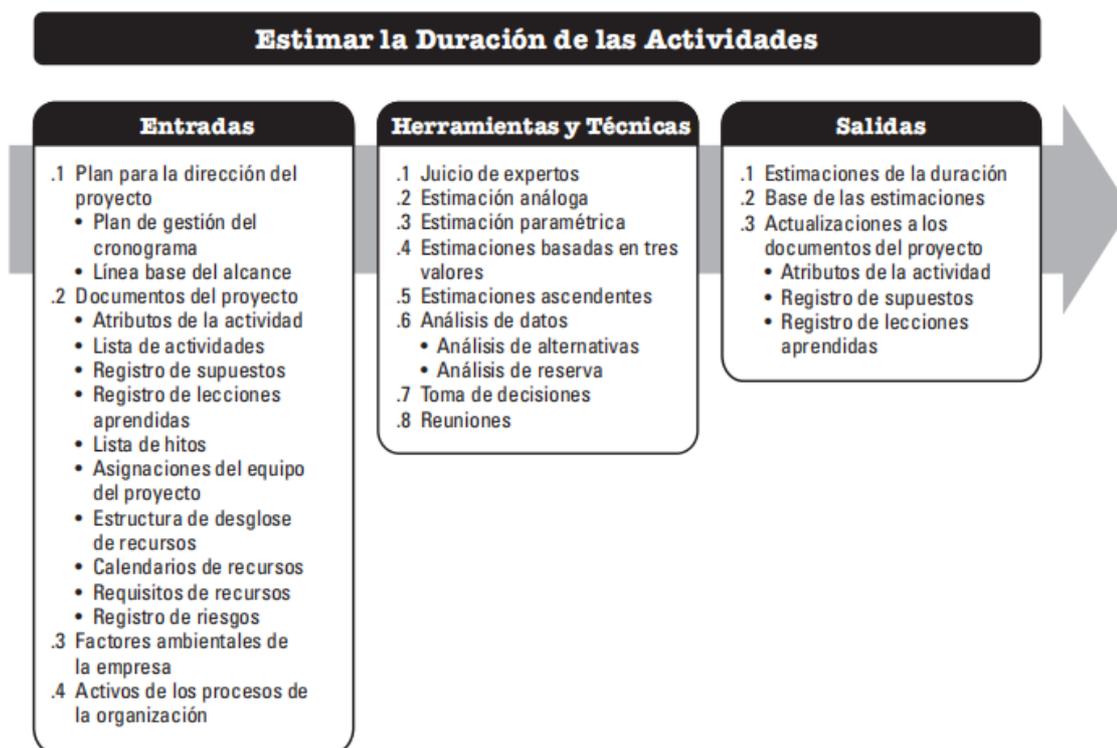


Figura 10. Entradas, herramientas y salidas del proceso estimar la duración de las actividades

Este proceso establece el tiempo necesario para la finalización de las actividades, siendo por ello un proceso de vital importancia para la correcta realización del cronograma.

La estimación de tiempos de las actividades se lleva a cabo de dos maneras distintas:

- Los tiempos de las actividades realizadas por empresas subcontratadas se obtienen llevando a cabo una serie de reuniones con representantes de dichas entidades, obteniendo de esta forma los datos de duración de cada actividad.
- Los tiempos del resto de actividades se obtienen mediante estimación análoga, recurriendo al histórico de proyectos de urbanismo que figuran en la base de datos del Ayuntamiento, logrando de esta forma estimar la duración de las actividades del proyecto actual con las de proyectos similares ya finalizados.

A continuación, en la Tabla 23 se muestran los tiempos estimados de cada una de las actividades.

Tabla 23. Duración estimada de las actividades del proyecto

Actividad	Nombre de la actividad	Duración de la actividad (días)
A	Análisis del sistema de alumbrado.	4
B	Análisis del asfalto.	4
C	Escritura de la documentación del alumbrado.	5
D	Escritura de la documentación del asfalto.	5

Actividad	Nombre de la actividad	Duración de la actividad (días)
D	Escritura de la documentación del asfalto.	5
E	Diseño de los planos de alumbrado.	7
F	Diseño de los planos de asfaltado.	5
G	Desmontaje dispositivos de alumbrado y control obsoletos.	7
H	Desmontaje cableado y elementos de soporte aéreos.	7
I	Apertura de zanjas en vías principales.	9
J	Apertura de zanjas en vías secundarias.	6
K	Montaje instalación eléctrica en vías principales.	13
L	Montaje instalación eléctrica en vías secundarias.	9
M	Cierre de las zanjas para la instalación eléctrica.	3
N	Instalación de los dispositivos de control.	7
Ñ	Instalación de los dispositivos de alumbrado.	10
O	Levantamiento del asfalto antiguo en vías secundarias.	4
P	Implementación de la capa de arena y piedra triturada en las vías secundarias.	2
Q	Implementación de la capa base en las vías secundarias.	7
R	Implementación de la carpeta asfáltica en las vías secundarias.	5

Actividad	Nombre de la actividad	Duración de la actividad (días)
R	Implementación de la carpeta asfáltica en las vías secundarias.	5
S	Adaptación de las arquetas y tapas de registro en las vías secundarias.	2
T	Proceso de pintado de las vías secundarias.	4
U	Levantamiento del asfalto antiguo en vías principales.	6
V	Implementación de la capa de arena y piedra en las vías principales.	3
W	Implementación de la capa base en las vías principales.	10
X	Implementación de la carpeta asfáltica en vías principales.	8
Y	Adaptación de las arquetas y tapas de registro en las vías principales.	3
Z	Proceso de pintado de las vías principales.	4
AA	Pruebas de calidad del alumbrado.	1
BB	Pruebas de calidad del asfalto.	1

Como se puede ver en la Tabla 23, las actividades de gestión, control y seguimiento del proyecto no se tienen en cuenta desde un punto de vista de duración puesto que estas ocupan la totalidad del proyecto, haciendo su inclusión innecesaria.

2.2.4 Representación AEN y AEA del proyecto

La representación de las actividades definidas anteriormente es llevada a cabo mediante dos tipos de diagramas cuyo proceso de obtención difiere en ciertas características.

El diagrama AEN (actividades en nodos), sitúa a cada una de las actividades en los nodos, tal y como su nombre indica, mientras que el diagrama AEA (actividades en arcos) las sitúa en los arcos.

Se realizan ambas representaciones con el objetivo de corroborar que el resultado final es el mismo en los dos casos.

El diagrama AEA cuenta con tantos arcos como actividades tenga el proyecto y en cada uno de ellos se sitúa

una de las actividades definidas. Los nodos se numeran en orden ascendente a excepción del nodo inicial y el nodo final, los cuales suelen estar identificados con las letras “s” y “e”, de salida y entrada, respectivamente. En cada uno de los nodos se calculan los tiempos más tempranos y más tardíos de inicio de la actividad o actividades que siguen al nodo evaluado.

Para el cálculo de estas dos magnitudes se aplican dos procedimientos, uno que calcula los valores más tempranos de inicio, el cual se realiza comenzando por el nodo inicial hasta el nodo final, y otro que calcula los valores más tardíos de inicio, el cual se lleva a cabo comenzando por el nodo final hasta el inicial. Estos procedimientos se muestran a continuación.

Rutina hacia delante:

Iniciar en $ts = 0$

Calcular $t_j = \max \{t_i + d_{ij}\}, \forall j \in N, j \neq s$

Hasta te

Rutina hacia detrás:

Iniciar en $Te = te$

Calcular $T_j = \min\{T_k - d_{jk}\}, \forall j \in N, j \neq e$

Hasta Ts .

Siendo:

- “ts” el tiempo más temprano del nodo inicio (siempre es cero).
- “tj” el tiempo más temprano de inicio de las actividades posteriores al nodo evaluado.
- “ti” el tiempo ya computado de manera anterior.
- “dij” la duración de la actividad representada en el arco que precede al nodo.
- “djk” la duración de la actividad representada en el arco situado tras el nodo.
- “te” el tiempo más temprano del nodo final.
- “Tk” tiempo ya computado de manera anterior (en este caso de atrás hacia delante).
- “Te” el tiempo más tardío del nodo final (es igual a “te”).
- “Ts” el tiempo más tardío del nodo inicial.

En el caso del diagrama AEN su obtención es algo distinta al AEA. El diagrama cuenta con tantos nodos como número de actividades más dos (relativos al nodo inicio y nodo fin), y en cada uno de dichos nodos se evalúan los tiempos más tempranos y más tardíos de inicio de la actividad evaluada, así como los tiempos más tempranos y más tardíos de finalización de la misma.

Se muestra a continuación los dos procedimientos de resolución, que, al igual que en el diagrama AEA, pasan por un cálculo hacia delante y otro hacia detrás.

Rutina hacia delante:

Iniciar en $ts = fs = 0$

Calcular $t_j = \max\{t_i + d_i\} = \max\{f_i\}, \forall j \in N, j \neq s$

Hasta te

Rutina hacia atrás:

Iniciar en $Te = te$

Calcular $Tj = \min\{Tk - dj\}, \forall j \in N$, o bien $Fj = \min\{Tk\}, \forall j \in N, j \neq e$

Hasta Ts

Siendo:

- “ts” el tiempo más temprano de inicio del nodo inicial (siempre es cero).
- “fs” el tiempo más temprano de finalización del nodo inicial (siempre es cero).
- “tj” el tiempo más temprano de inicio de la actividad evaluada.
- “ti” el tiempo ya computado anteriormente en actividades anteriores.
- “di” la duración de la actividad evaluada.
- “fi” el tiempo más temprano de finalización de la actividad evaluada.
- “te” el tiempo más temprano de finalización del nodo final.
- “Te” el tiempo más tardío de inicio del nodo inicial (es igual a “te”).
- “Tj” el tiempo más tardío de inicio de la actividad evaluada.
- “Tk” el tiempo ya computado anteriormente en actividades posteriores.
- “Fj” el tiempo más tardío de finalización de la actividad evaluada.
- “Ts” el tiempo más tardío de inicio del nodo final.

A continuación se muestran los diagramas explicados anteriormente.

(ti,Ti)

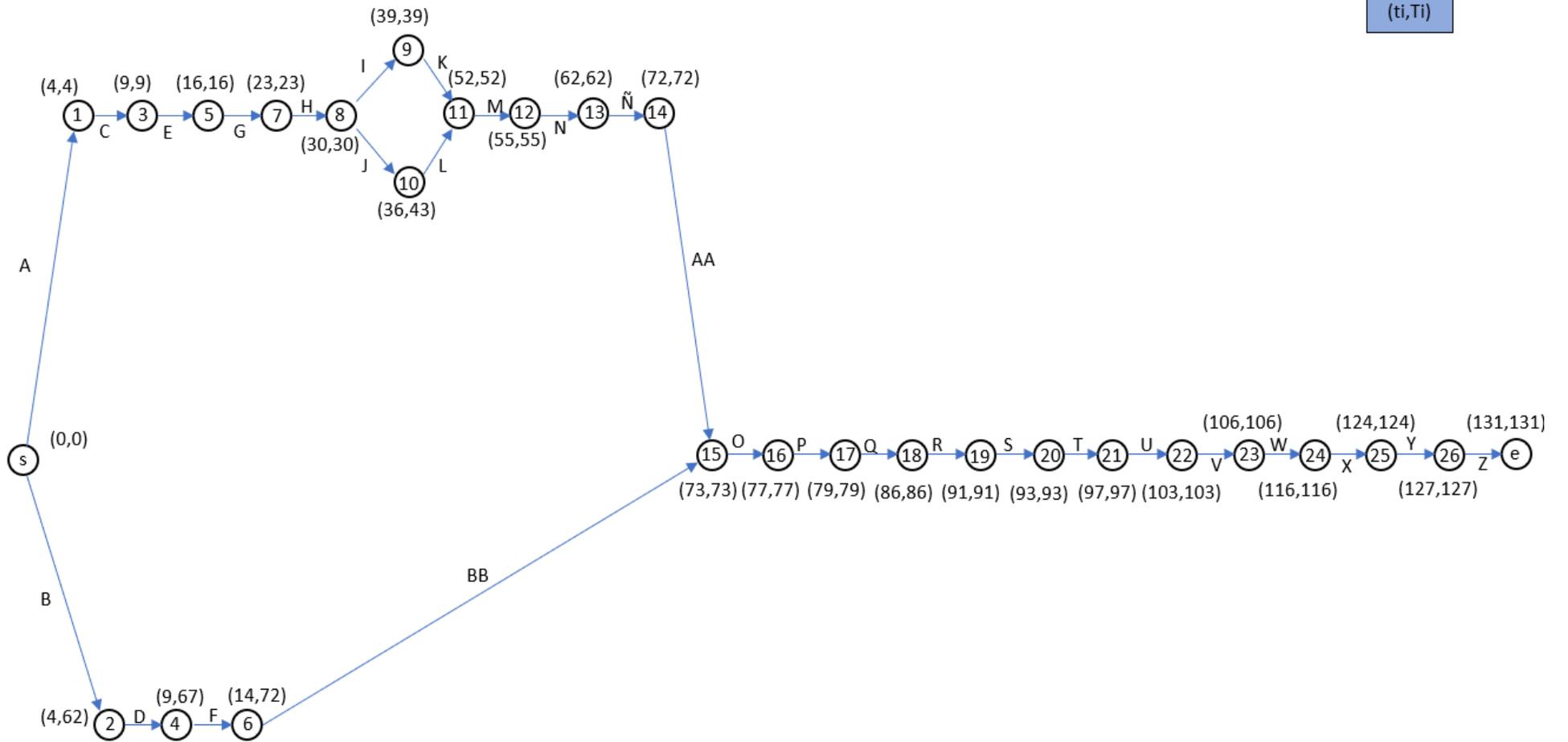


Figura 11. Diagrama AEA del proyecto

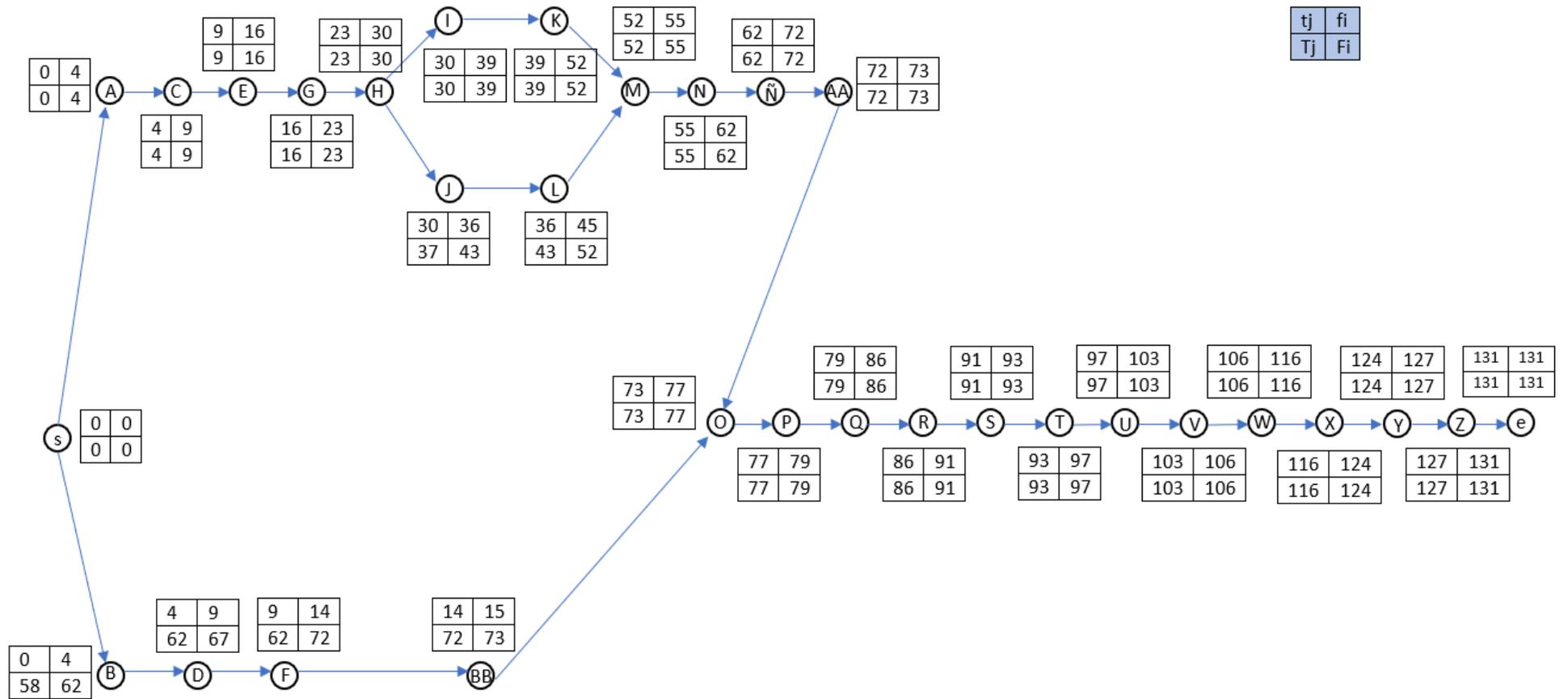


Figura 12. Diagrama AEN del proyecto

2.2.5 Diagrama de Gantt del proyecto

Continuando con la gestión del cronograma del proyecto, uno de los principales métodos de representar la duración y las fechas importantes del proyecto es el diagrama de Gantt, el cual recoge el tiempo dedicado a cada una de las actividades anteriormente definidas.

En el diagrama de Gantt se enumeran en el eje vertical las actividades del proyecto, mientras que en el eje horizontal se encuentra el tiempo. Las duraciones de las propias actividades se representan mediante barras.

A continuación se muestra en la Figura 13 y Figura 14 el diagrama de Gantt de este proyecto de urbanización, en el cual se representan las actividades críticas (actividades sin holguras) en color verde, las actividades con holgura en color azul, y sus respectivas holguras en naranja.

2.2.6 Simulación de la duración del proyecto mediante Crystal Ball

Para concluir con el apartado de gestión del tiempo del proyecto se lleva a cabo a modo de comparación con los procesos de diagramado anteriores una simulación de la duración del proyecto mediante “Crystal Ball”.

Para llevar a cabo dicha simulación se utilizan la duración de las actividades anteriores como duración más probable de éstas, y como duración pesimista y optimista se le resta o suma un día a dichas duraciones.

Hecho esto se introducen en un archivo excel dichos datos y mediante la herramienta de “Crystal Ball” se calcula el tiempo del proyecto siguiendo el camino crítico, es decir, las actividades que no tienen holgura. En caso de haber más de un camino crítico, deben simularse todos para ver cual de los existentes es más restrictivo, sin embargo en este proyecto solo se dispone de un camino crítico.

El intervalo de confianza con el que se ha llevado a cabo la simulación ha sido de un 95%.

Se muestran a continuación los resultados obtenidos.

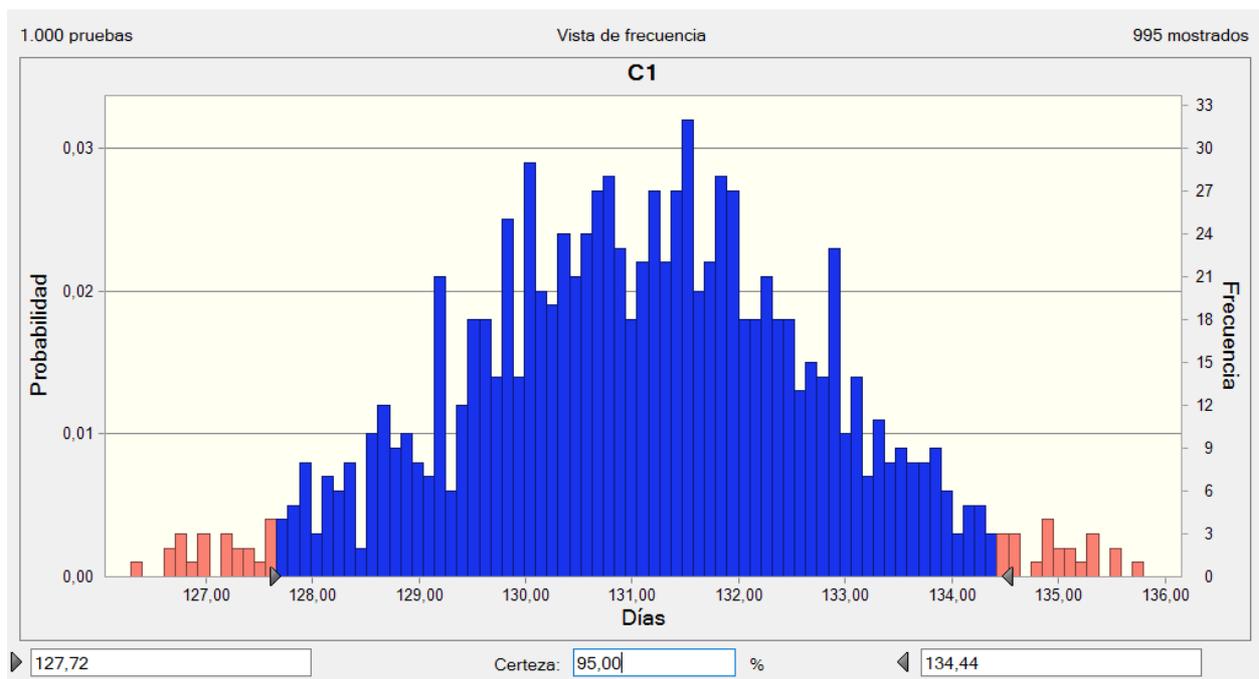


Figura 15. Resultado simulación Crystal Ball

Como se puede observar, la duración del proyecto se encuentra entre 128 y 134 días, coincidiendo de esta forma con el resultado obtenido en los diagramas AEN y AEA.

2.3 Gestión de los costes

El tercer punto a tratar para gestionar de manera correcta el proyecto de urbanismo que se contempla en este documento es la gestión de los costes, entendido en el PMBOK como la forma en la que se planificarán, estructurarán, y gestionarán los gastos que supone el proyecto.

Este proceso de gestión cuenta con una serie de subprocesos según el PMBOK, los cuales se muestran en la Figura 16.

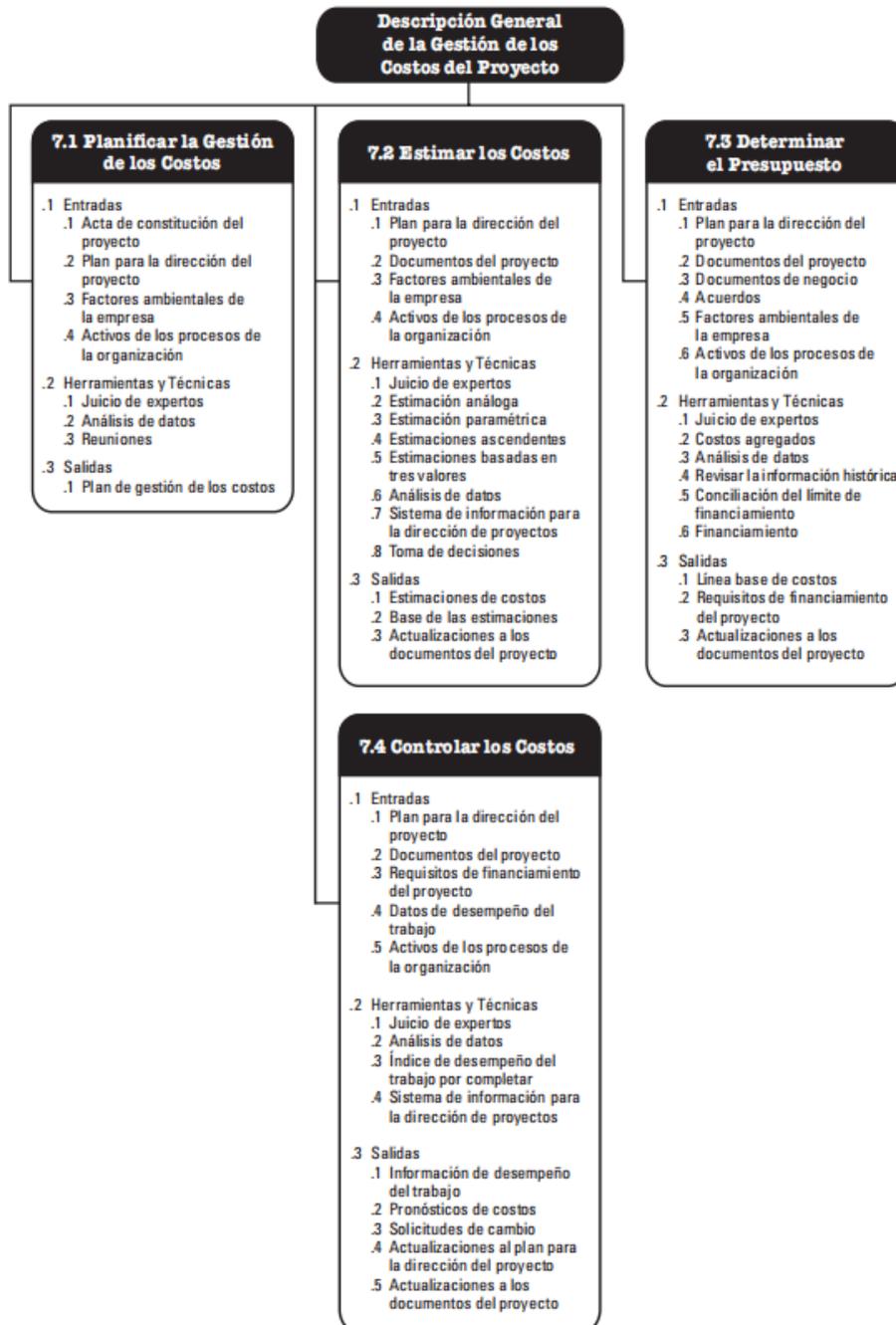


Figura 16. Subprocesos de la gestión de los costes del proyecto

En este documento se lleva a cabo la estimación de los costes del proyecto y la determinación del presupuesto de este.

2.3.1 Estimación de costes de las actividades del proyecto

La estimación de los costes contempla en el PMBOK una serie de entradas, herramientas y salidas del proceso, las cuales se ven representadas en la Figura 17.

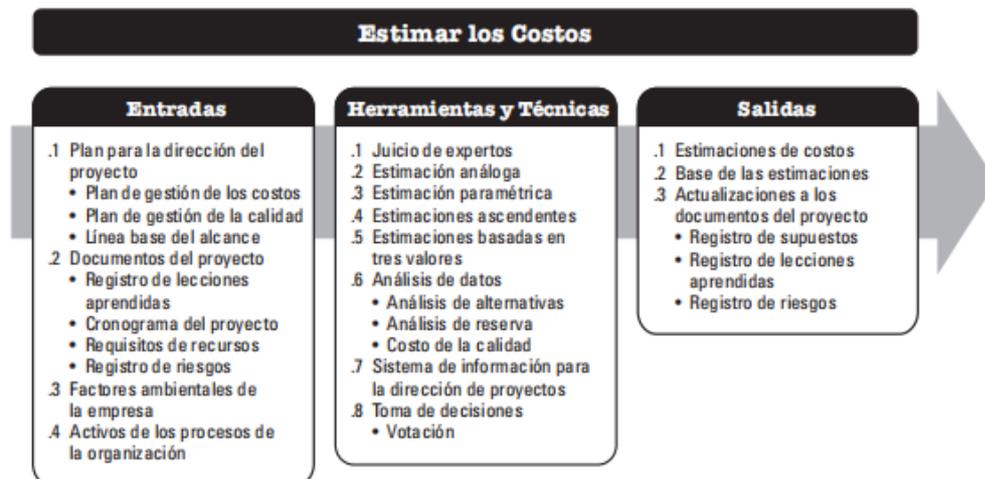


Figura 17. Entradas, herramientas y salidas del proceso Estimar los costes

En el caso de este proyecto, la mayor parte de los costes han sido suministrados por las empresas subcontratadas para el asfaltado e iluminado del terreno. Para llevar a cabo una correcta estimación de los costes se ha contactado de manera previa con estas empresas para determinar una serie de valores de referencia, los cuales sirven para tener una visión previa de si el proyecto es o no es factible.

Hecho esto y disponiendo del análisis del terreno realizado por parte de las subcontratas se vuelve a contactar con ellas para obtener un presupuesto mucho más fiable y así poder estimar los costes y obtener el presupuesto necesario para el proyecto. Las subcontratas han proporcionado unos rangos de precios para cada una de las actividades y en base a esto se ha generado un valor aleatorio dentro de dicho rango de precios para obtener un valor fijo (esto no será un problema puesto que el presupuesto final se muestra dentro de un intervalo de confianza, el cual contempla variaciones en función del nivel de aceptación escogido).

Aunque los costes han sido transmitidos con bastante exactitud por parte de las empresas subcontratadas, para su correcta estimación es necesario tener en cuenta que pueden existir contratiempos los cuales supongan un extra en los costes, por lo que se lleva a cabo una estimación basada en los costes más probables, pesimistas y optimista, para así obtener una mayor fiabilidad frente a dichos contratiempos.

Para cada una de las actividades definidas anteriormente se calcula el coste medio y la desviación típica mediante las siguientes fórmulas.

$$\text{coste medio } (i) = \frac{(a + 4b + c)}{6}$$

$$\text{desviación típica } (i) = \frac{(c - a)}{6}$$

Siendo “a” el coste optimista, “b” el coste más probable y “c” el coste pesimista.

A continuación, en la Tabla 24 se muestra la tabla representativa de los costes asociados a cada una de las actividades del proyecto.

En la siguiente tabla también se incluyen los costes de las actividades de administración y gestión del proyecto, las cuales no fueron representadas en los distintos diagramas puesto que su duración era la totalidad del proyecto, sin embargo, es necesario considerar sus costes para un correcto éxito del proyecto.

Tabla 24. Estimación del coste de las actividades del proyecto

Actividad	Coste pesimista (€)	Coste más probable (€)	Coste optimista (€)	Coste medio (€)	Desviación típica (€)
A	1.546,00	1.405,00	1.265,00	1.416,71	58,54
B	937,00	852,00	767,00	859,10	35,50
C	1.221,00	1.110,00	999,00	1.119,25	46,25
D	1.037,00	943,00	849,00	950,86	39,29
E	1.925,00	1.750,00	1.575,00	1.764,58	72,92
F	1.581,00	1.437,00	1.293,00	1.448,98	59,88
G	3.081,00	2.801,00	2.521,00	2.824,34	116,71
H	3.795,00	3.450,00	3.105,00	3.478,75	143,75
I	9.301,00	8.455,00	7.610,00	8.525,46	352,29
J	5.971,00	5.428,00	4.885,00	5.473,23	226,17
K	15.994,00	14.540,00	13.086,00	14.661,17	605,83
L	11.556,00	10.505,00	9.455,00	10.592,54	437,71
M	8.425,00	7.659,00	6.893,00	7.722,83	319,13
N	6.716,00	6.105,00	5.495,00	6.155,88	254,38
Ñ	10.401,00	9.455,00	8.510,00	9.533,79	393,96
O	18.048,00	16.407,00	14.766,00	16.543,73	683,63
P	30.162,00	27.420,00	24.678,00	27.648,50	1.142,50
Q	44.227,00	40.206,00	36.185,00	40.541,05	2.508,58
R	22.449,00	20.408,00	18.367,00	20.578,07	1.060,67
S	7.064,00	6.422,00	5.780,00	6.475,52	267,58
T	7.153,00	6.503,00	5.853,00	6.557,19	270,96

Actividad	Coste pesimista (€)	Coste más probable (€)	Coste optimista (€)	Coste medio (€)	Desviación típica (€)
T	7.153,00	6.503,00	5.853,00	6.557,19	270,96
U	24.705,00	22.459,00	20.213,00	22.646,16	1.230,04
V	38.730,00	35.209,00	31.688,00	35.502,41	1.643,88
W	65.163,00	59.239,00	53.315,00	59.732,66	2.809,33
X	37.899,00	34.454,00	31.009,00	34.741,12	1.718,33
Y	18.047,00	16.406,00	14.765,00	16.542,72	809,58
Z	17.711,00	16.101,00	14.491,00	16.235,18	743,58
AA	1.597,00	1.452,00	1.307,00	1.464,10	60,50
BB	886,00	805,00	725,00	811,71	33,54
Gestión administrativa del proyecto	12.106,00	11.005,00	9.905,00	11.096,71	458,54
Control y seguimiento actividades subcontratadas	18.098,00	16.453,00	14.808,00	16.590,11	685,54

2.3.2 Presupuesto del proyecto

El proceso de presupuestar el proyecto se recoge en el PMBOK como otro de los procesos de gestión de costes del proyecto, lo que hace que disponga de una serie de entradas, herramientas y salidas que se recogen en la Figura 18, la cual se muestra a continuación.

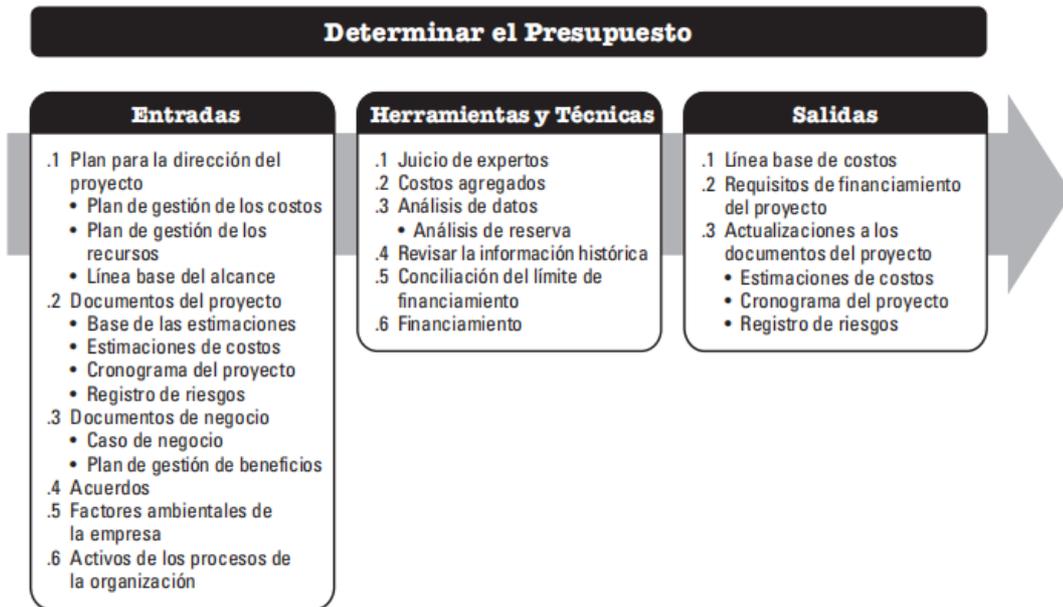


Figura 18. Entradas, herramientas y salidas del proceso determinar el presupuesto

Para obtener un presupuesto asegurando una serie de intervalos de confianza se llevan a cabo tres suposiciones distintas dependiendo del nivel de seguridad con el que se quiera obtener los márgenes de desviación del presupuesto. Estos tres intervalos de confianza se corresponden a un 68%, 95% y 99,5% de confianza (referentes a desviaciones de σ , 2σ y 3σ respectivamente) y se calculan de la siguiente manera.

En primer lugar, es necesario obtener el coste medio total del proyecto, el cual se puede conseguir mediante la siguiente fórmula.

$$\mu = \sum_{i=A}^{BB} \text{coste medio } (i)$$

Otorgando un coste medio final de 466.795,82 euros.

Por otro lado, se calcula la desviación típica del proyecto, obtenida con la siguiente fórmula:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=A}^{BB} \sigma_i^2}$$

Obteniéndose una desviación típica total de 5.234,17 euros.

Realizados estos cálculos previos se plantean los tres intervalos de confianza para el presupuesto:

- Intervalo de confianza del 68%: $[466.795,82 - 1 * 5.234,17; 466.795,82 + 1 * 466.795,82] = [461.561,65; 472.029,99]$ euros.
- Intervalo de confianza del 95%: $[466.795,82 - 2 * 5.234,17; 466.795,82 + 2 * 466.795,82] = [456.327,48; 477.264,16]$ euros.
- Intervalo de confianza del 99,5%: $[466.795,82 - 3 * 5.234,17; 466.795,82 + 3 * 466.795,82] = [451.093,31; 482.498,33]$ euros.

En función del margen de fiabilidad con el que se quiera determinar el presupuesto del proyecto se tomará como referencia uno de los distintos intervalos detallados anteriormente, siendo el intervalo del 99,5% el más conservador y el del 68% el más arriesgado.

En cualquiera de los tres supuestos anteriores el presupuesto es inferior a los 750.000,00 euros establecidos como límite superior a invertir en las restricciones del proyecto.

2.4 Gestión de los riesgos

Para concluir con la gestión del proyecto de urbanismo tratado en este documento se debe realizar una correcta gestión de los riesgos, llevando a cabo una correcta identificación de los mismos, clasificándolos y planificando una respuesta efectiva ante los mismos.

El PMBOK define la gestión de riesgos como el conjunto de procesos para llevar a cabo la planificación de la gestión, identificación, análisis, planificación de respuesta, implementación de respuesta y monitoreo de los riesgos de un proyecto.

A continuación, en la Figura 19 se muestra el conjunto de subprocesos que conforman la gestión de riesgos de un proyecto según el PMBOK.

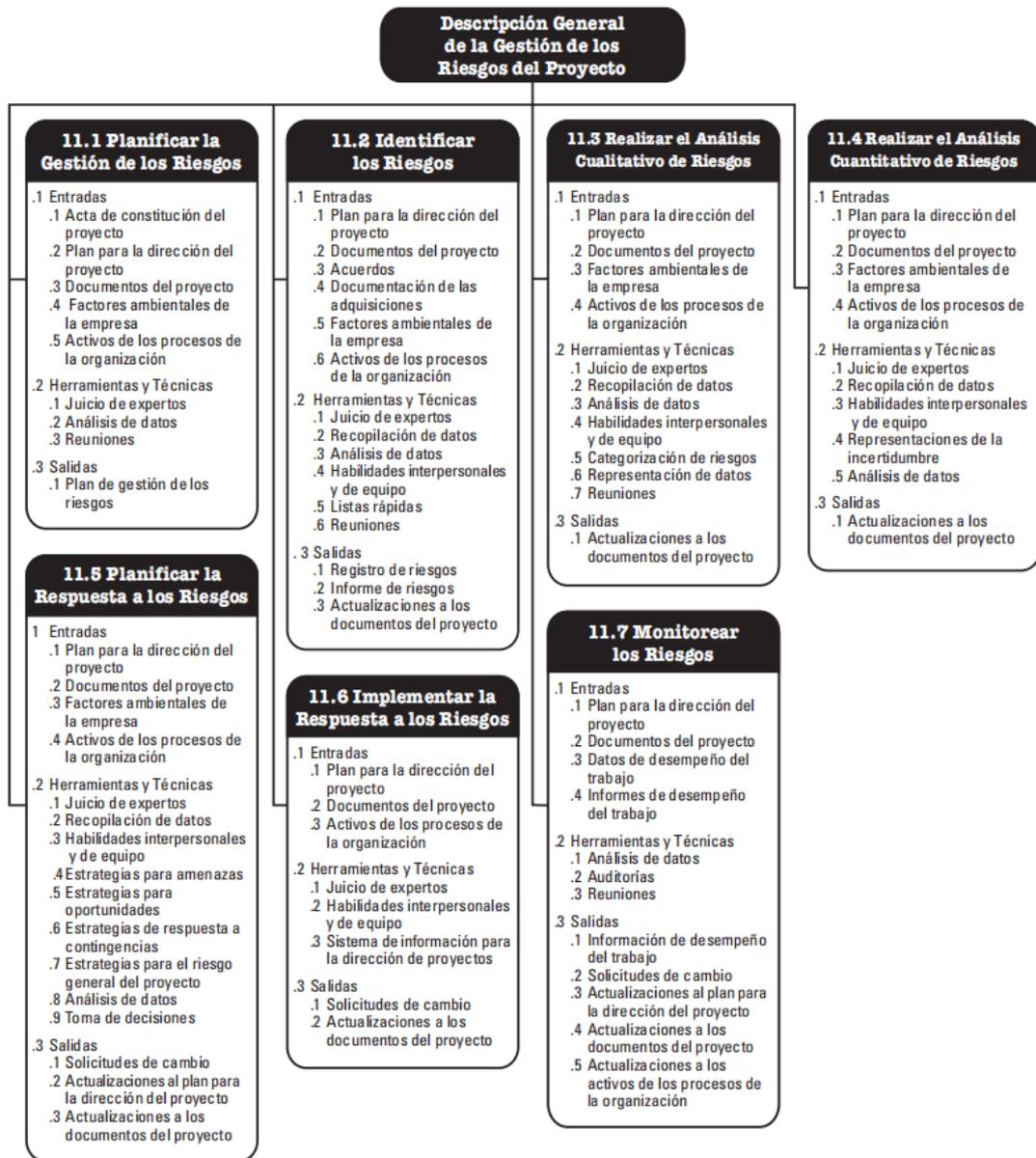


Figura 19. Subprocesos de la gestión de riesgos de un proyecto.

En el proyecto tratado en este documento se van a identificar los riesgos, se llevará a cabo un análisis cualitativo de los mismos y posteriormente se planificará la respuesta frente a dichos riesgos para conocer como se debe actuar.

Antes de comenzar con la identificación de los riesgos del proyecto es importante entender que el objetivo de la gestión de riesgos de un proyecto es tratar de eliminar la probabilidad (o disminuirla en caso de no poderse eliminar completamente) de suceso de un riesgo negativo y/o disminuir el impacto que este puede provocar.

2.4.2 Riesgos del proyecto

El primer paso para gestionar de manera correcta los riesgos a los que se encuentra expuesta la realización del proyecto es identificar los mismos.

El PMBOK considera la identificación de riesgos como un proceso fundamental en la gestión de riesgos, el cual cuenta con una serie de entradas, herramientas y salidas para su correcta realización. Se muestra en la Figura 20 el desglose de este proceso.

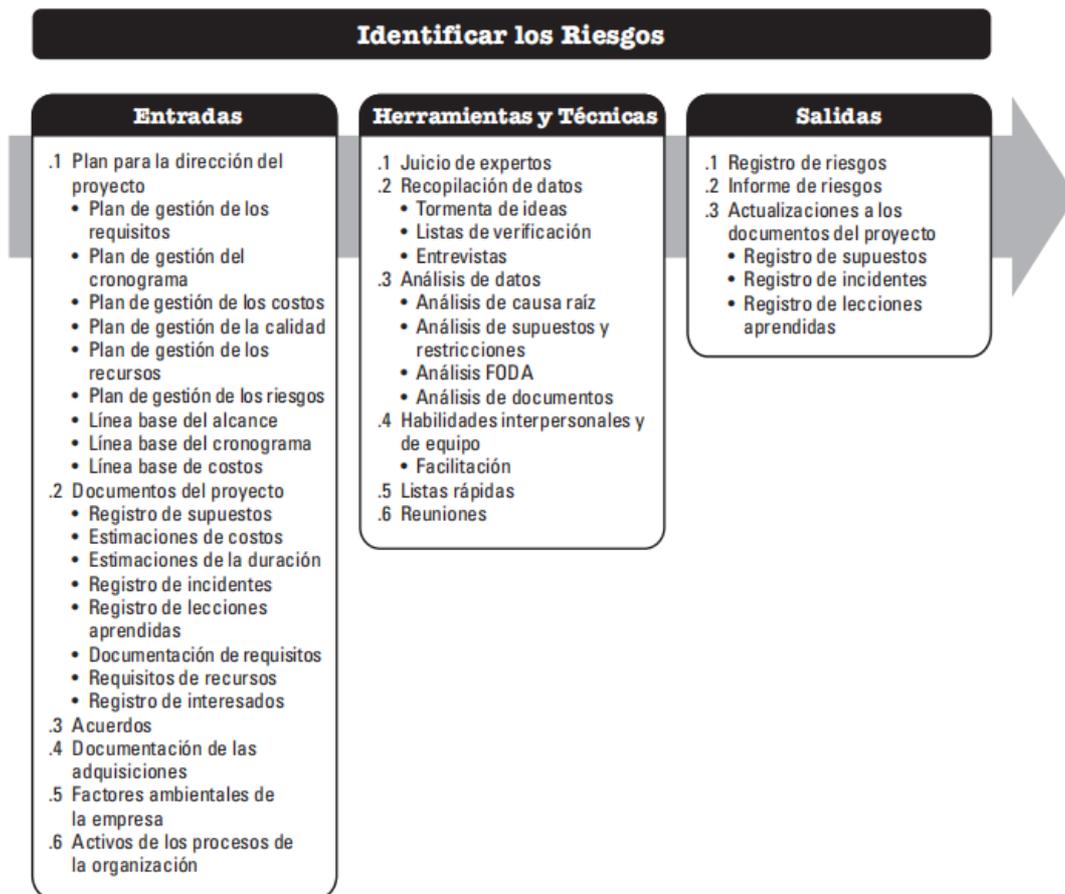


Figura 20. Entradas, herramientas y salidas del proceso identificar los riesgos

La manera de identificar los riesgos en este proyecto ha sido mediante analogía con proyectos similares. Al haberse realizado gran cantidad de proyectos de urbanización pública, el propio Ayuntamiento cuenta con unos históricos en los que se ven reflejados los principales riesgos, los cuales se detallan a continuación.

- Condiciones climáticas que impidan el desarrollo de las obras.
- Accidentes por caídas desde alturas elevadas en el desmontaje de las redes eléctricas obsoletas.
- Accidentes por electrocutamiento.
- Filtraciones de agua en la nueva red eléctrica subterránea antes de su finalización.
- Fallos producidos en el correcto montaje del cableado y conexiones entre elementos de la red.
- Daños causados al mobiliario residencial del terreno.
- Accidentes causados por la maquinaria utilizada.
- Incendios provocados por fallos en la línea eléctrica.
- Accidentes por caída en las zanjas subterráneas.
- Quemaduras ocasionadas durante la implantación del asfalto.
- Mal acabado de las capas de asfalto implantado.
- Mal acabado de la pintura en el asfalto.
- Mal acabado de los dispositivos de control y/o alumbrado.
- Retrasos en la obtención de permisos de obra.

- Retrasos en la financiación del proyecto por parte del Ayuntamiento.
- Retrasos en el pago a las empresas subcontratadas.
- Retrasos en la finalización de actividades situadas en el camino crítico del proyecto.
- Baja satisfacción por parte del cliente en alguno de los principales entregables.
- Malos resultados en las pruebas de calidad de asfaltado.
- Malos resultados en las pruebas de calidad del alumbrado.

2.4.3 Análisis cualitativo de los riesgos

Tras la identificación de los principales riesgos del proyecto, es necesario llevar a cabo un análisis cualitativo de los mismos, el cual consiste en evaluar la probabilidad de que un riesgo ocurra y su impacto en el proyecto.

El análisis cualitativo de los riesgos es un proceso contemplado en el PMBOK, el cual cuenta con una serie de entradas, herramientas y salidas, las cuales se muestran en la Figura 21.

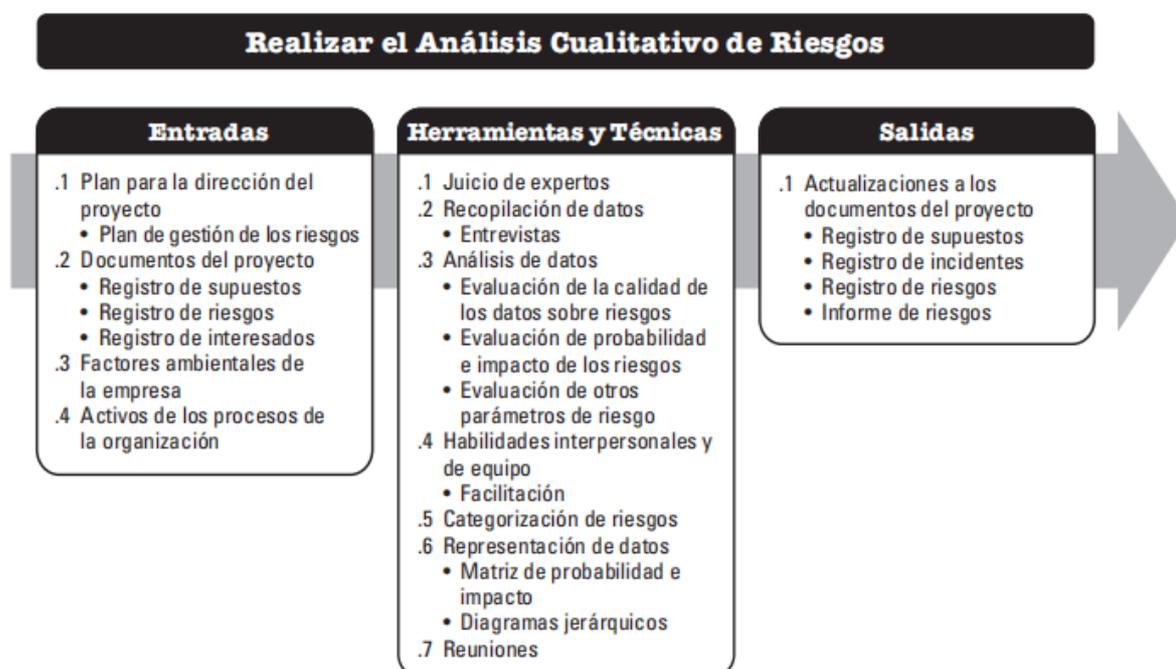


Figura 21. Entradas, herramientas y salidas del proceso de análisis cualitativo de riesgos

Para llevar a cabo el análisis cualitativo de este proyecto se construye en primer lugar una matriz de probabilidad e impacto, la cual vincula la probabilidad de que ocurra un riesgo concreto con el impacto que este podría suponer.

La matriz cuenta con una primera columna en la cual se sitúan las distintas probabilidades de que suceda un riesgo, y una primera fila que muestra los distintos tipos de impacto que podría suponer un riesgo en caso de desatarse.

En la Tabla 25 se muestra la matriz de probabilidad e impacto aplicada en el estudio de riesgos de proyectos.

Tabla 25. Matriz de probabilidad e impacto de riesgos

Impacto \ Probabilidad	Muy bajo (1)	Bajo (2)	Medio (3)	Alto (5)	Muy alto (10)
Muy baja (1)	1	2	3	5	10
Baja (2)	2	4	6	10	20
Media (3)	3	6	9	15	30
Alta (4)	4	8	12	20	40
Muy alta (5)	5	10	15	25	50

Una vez definida la matriz, es necesario otorgar una clasificación a cada uno de los riesgos analizados en función de la puntuación obtenida en la matriz. Para ello se elabora una tabla clasificatoria de riesgos, la cual se muestra a continuación en la Tabla 26.

Tabla 26. Tabla clasificatoria de riesgos

Nivel de Riesgo	Respuesta
Riesgo bajo 0-3	Se vigilará, aunque no requiere medidas preventivas de partida.
Riesgo moderado 4-9	Estudiar económicamente si es posible introducir medidas preventivas para reducir el nivel de riesgo. Si no fuera posible, mantener las variables controladas.
Riesgo importante 10-19	Medidas preventivas obligatorias. Se deben controlar fuertemente las variables de riesgo durante el proyecto.
Riesgo intolerable ≥ 20	Requiere medidas urgentes. No se debe continuar el proyecto sin la aplicación de medidas urgentes y sin acotar sólidamente el riesgo.

Se procede de esta forma a analizar uno a uno los riesgos identificados en el proyecto, otorgándole a cada uno de ellos un valor de probabilidad y de impacto, y clasificándolo en función de su puntuación total.

Los resultados se muestran en la Tabla 27.

Tabla 27. Análisis cualitativo de los riesgos del proyecto

Riesgo	Probabilidad	Impacto	Resultado	Clasificación
Condiciones climáticas que impidan el desarrollo de las obras.	1	2	2	Riesgo bajo
Accidentes por caídas desde alturas elevadas en el desmontaje de las redes eléctricas obsoletas.	1	5	5	Riesgo moderado
Accidentes por electrocutamiento.	1	5	5	Riesgo moderado
Filtraciones de agua en la nueva red eléctrica subterránea antes de su finalización.	1	3	3	Riesgo bajo
Fallos producidos en el correcto montaje del cableado y conexiones entre elementos de la red.	3	2	6	Riesgo moderado
Daños causados al mobiliario residencial del terreno.	2	4	8	Riesgo moderado
Accidentes causados por la maquinaria utilizada.	3	2	6	Riesgo moderado
Incendios provocados por fallos en la línea eléctrica.	1	5	5	Riesgo moderado
Accidentes por caída en las zanjas subterráneas.	2	3	6	Riesgo moderado
Quemaduras ocasionadas durante la implantación del asfalto.	1	3	3	Riesgo bajo
Mal acabado de las capas de asfalto implantado.	2	4	8	Riesgo moderado
Mal acabado de la pintura en el asfalto.	2	3	6	Riesgo moderado
Mal acabado de los dispositivos de control y/o alumbrado.	2	2	4	Riesgo moderado
Retrasos en la obtención de permisos de obra.	1	1	1	Riesgo bajo

Riesgo	Probabilidad	Impacto	Resultado	Clasificación
Retrasos en la obtención de permisos de obra.	1	1	1	Riesgo bajo
Retrasos en la financiación del proyecto por parte del Ayuntamiento.	3	3	9	Riesgo moderado
Retrasos en el pago a las empresas subcontratadas.	3	4	12	Riesgo importante
Retrasos en la finalización de actividades situadas en el camino crítico del proyecto.	4	2	8	Riesgo moderado
Baja satisfacción por parte del cliente en alguno de los principales entregables.	2	5	10	Riesgo importante
Malos resultados en las pruebas de calidad de asfaltado.	1	2	2	Riesgo bajo
Malos resultados en las pruebas de calidad del alumbrado.	1	2	2	Riesgo bajo

Como puede observarse, los riesgos más importantes son aquellos en los que se afecta de manera directa a las empresas subcontratadas y/o a las partes interesadas. El objetivo fundamental es tratar de garantizar la satisfacción de los clientes pero a su vez considerando a las empresas subcontratadas como un cliente al cual no se debe insatisfacer, de ahí que el impacto de retrasarse en los pagos a las empresas subcontratadas sea tan elevado.

2.4.3 Planificación de la respuesta ante los riesgos

El proceso de planificación de respuestas ante riesgos definido según el PMBOK consiste en desarrollar opciones, seleccionar estrategias y acordar acciones para abordar la exposición general al riesgo del proyecto, así como para tratar los riesgos individuales del proyecto.

Este proceso es de vital importancia a la hora de saber que medidas tomar frente al desencadenamiento de un riesgo específico, ya que dependiendo del grado de importancia que suponga dicho riesgo debe tratarse en consecuencia a este.

Las entradas, herramientas y salidas de este proceso se muestran en la Figura 22.



Figura 22. Entradas, herramientas y salidas del proceso planificar la respuesta a los riesgos

Como se ha comentado anteriormente, las acciones tomadas frente a un riesgo deben ser acordes a su nivel de importancia, y para conocer la importancia de un riesgo individual se recurre de nuevo a una matriz clasificatoria, formada por cuatro rangos de clasificación de riesgos, los cuales son:

- Aceptar: continuar con el proyecto tal y como estaba establecido inicialmente.
- Mitigar: establecer medidas de reducción de probabilidad o impacto del riesgo.
- Transferir: trasladar el riesgo a otra entidad para poder solucionarlo.
- Evitar: detener el avance del proyecto hasta solucionar el riesgo o incluso cancelar el proyecto de manera permanente si el riesgo no se puede eliminar.

La matriz que representa estas cuatro acciones definidas anteriormente en función de la puntuación del riesgo obtenida (evaluada a partir de su probabilidad e impacto) se muestra a continuación en la Tabla 28.

Tabla 28. Matriz clasificatoria de respuestas ante riesgos

Impacto Probabilidad	Muy bajo (1)	Bajo (2)	Medio (3)	Alto (5)	Muy alto (10)
Muy baja (1)	Aceptar	Aceptar	Aceptar	Aceptar	Transferir o mitigar
Baja (2)	Aceptar	Aceptar	Aceptar	Transferir o mitigar	Evitar
Media (3)	Aceptar	Aceptar	Aceptar	Transferir o mitigar	Evitar
Alta (4)	Aceptar	Aceptar	Transferir o mitigar	Evitar	Evitar
Muy alta (5)	Aceptar	Transferir o mitigar	Transferir o mitigar	Evitar	Evitar

Definida la matriz anterior ya pueden clasificarse los riesgos identificados en el proyecto, estableciendo las acciones a realizar en caso de que sucedan.

Estos resultados se muestran a continuación en la Tabla 29.

Tabla 29. Respuesta ante riesgos en base a su importancia

Riesgo	Puntuación	Acción a desarrollar
Condiciones climáticas que impidan el desarrollo de las obras.	2	Aceptar
Accidentes por caídas desde alturas elevadas en el desmontaje de las redes eléctricas obsoletas.	5	Aceptar
Accidentes por electrocutamiento.	5	Aceptar
Filtraciones de agua en la nueva red eléctrica subterránea antes de su finalización.	3	Aceptar
Fallos producidos en el correcto montaje del cableado y conexiones entre elementos de la red.	6	Aceptar

Riesgo	Puntuación	Acción a desarrollar
Fallos producidos en el correcto montaje del cableado y conexiones entre elementos de la red.	6	Aceptar
Daños causados al mobiliario residencial del terreno.	8	Aceptar
Accidentes causados por la maquinaria utilizada.	6	Aceptar
Incendios provocados por fallos en la línea eléctrica.	5	Aceptar
Accidentes por caída en las zanjas subterráneas.	6	Aceptar
Quemaduras ocasionadas durante la implantación del asfalto.	3	Aceptar
Mal acabado de las capas de asfalto implantado.	8	Aceptar
Mal acabado de la pintura en el asfalto.	6	Aceptar
Mal acabado de los dispositivos de control y/o alumbrado.	4	Aceptar
Retrasos en la obtención de permisos de obra.	1	Aceptar
Retrasos en la financiación del proyecto por parte del Ayuntamiento.	9	Aceptar
Retrasos en el pago a las empresas subcontratadas.	12	Transferir o mitigar
Retrasos en la finalización de actividades situadas en el camino crítico del proyecto.	8	Aceptar
Baja satisfacción por parte del cliente en alguno de los principales entregables.	10	Transferir o mitigar

Riesgo	Puntuación	Acción a desarrollar
Baja satisfacción por parte del cliente en alguno de los principales entregables.	10	Transferir o mitigar
Malos resultados en las pruebas de calidad de asfaltado.	2	Aceptar
Malos resultados en las pruebas de calidad del alumbrado.	2	Aceptar

Para concluir con el apartado de gestión de riesgos del proyecto y con el fin de esclarecer las ideas aportadas durante este apartado se muestra una tabla resumen con la información ya detallada anteriormente y algunos datos referentes a los riesgos como puede ser el disparador del riesgo y el responsable.

Esta tabla puede verse a continuación.

Tabla 30. Tabla resumen de riesgos del proyecto

Riesgo	Puntuación obtenida	Clasificación	Disparador	Responsable del riesgo	Acción frente al riesgo
Condiciones climáticas que impidan el desarrollo de las obras.	2	Riesgo bajo	Intervalos horarios o días en los que las condiciones climáticas no permitan desarrollar el trabajo de manera segura y manteniendo la calidad de este.	Responsable de la empresa subcontratada.	Aceptar
Accidentes por caídas desde alturas elevadas en el desmontaje de las redes eléctricas obsoletas.	5	Riesgo moderado	Resbalones, descuidos, falta de equipos de seguridad.	Trabajador de la empresa subcontratada.	Aceptar
Accidentes por electrocutamiento.	5	Riesgo moderado	Falta de conocimiento frente a instalaciones eléctricas, fallos en el equipo de seguridad, malas conexiones.	Trabajador de la empresa subcontratada.	Aceptar
Filtraciones de agua en la nueva red eléctrica subterránea antes de su finalización.	3	Riesgo bajo	Falta de protección frente a condiciones climáticas adversas durante la instalación, lluvias extremas.	Responsable de la empresa subcontratada.	Aceptar

Riesgo	Puntuación obtenida	Clasificación	Disparador	Responsable del riesgo	Acción frente al riesgo
Filtraciones de agua en la nueva red eléctrica subterránea antes de su finalización.	3	Riesgo bajo	Falta de protección frente a condiciones climáticas adversas durante la instalación, lluvias extremas.	Responsable de la empresa subcontratada.	Aceptar
Fallos producidos en el correcto montaje del cableado y conexiones entre elementos de la red.	6	Riesgo moderado	Falta de conocimiento frente a instalaciones eléctricas, descuidos, equivocaciones en el montaje.	Responsable de la empresa subcontratada.	Aceptar
Daños causados al mobiliario residencial del terreno.	8	Riesgo moderado	Falta de atención durante la obra, descuidos.	Responsable de la empresa subcontratada.	Aceptar
Accidentes causados por la maquinaria utilizada.	6	Riesgo moderado	Maniobras temerarias, descuidos, falta de conocimiento en el uso de la maquinaria.	Trabajador de la empresa subcontratada.	Aceptar
Incendios provocados por fallos en la línea eléctrica.	5	Riesgo moderado	Fallos en las conexiones de la red eléctrica, cortocircuitos durante la instalación.	Responsable de la empresa subcontratada.	Aceptar
Accidentes por caída en las zanjas subterráneas.	6	Riesgo moderado	Descuidos, falta de elementos de protección frente a caídas y/o dispositivos de señalización.	Trabajador de la empresa subcontratada.	Aceptar

Riesgo	Puntuación obtenida	Clasificación	Disparador	Responsable del riesgo	Acción frente al riesgo
Accidentes por caída en las zanjas subterráneas.	6	Riesgo moderado	Descuidos, falta de elementos de protección frente a caídas y/o dispositivos de señalización.	Trabajador de la empresa subcontratada.	Aceptar
Quemaduras ocasionadas durante la implantación del asfalto.	3	Riesgo bajo	Descuidos, acciones temerarias.	Trabajador de la empresa subcontratada.	Aceptar
Mal acabado de las capas de asfalto implantado.	8	Riesgo moderado	Falta de conocimientos durante la implementación de las distintas capas de asfalto.	Responsable de la empresa subcontratada.	Aceptar
Mal acabado de la pintura en el asfalto.	6	Riesgo moderado	Falta de conocimientos durante la implementación de la pintura en las distintas capas de asfalto.	Responsable de la empresa subcontratada.	Aceptar
Mal acabado de los dispositivos de control y/o alumbrado.	4	Riesgo moderado	Falta de conocimientos en la implantación de los dispositivos.	Responsable de la empresa subcontratada.	Aceptar
Retrasos en la obtención de permisos de obra.	1	Riesgo bajo	Retraso por parte del organismo correspondiente.	Arquitecto municipal.	Aceptar
Retrasos en la financiación del proyecto por parte del Ayuntamiento.	9	Riesgo moderado	Retraso por parte del Ayuntamiento.	Responsable administrativo del Ayuntamiento.	Aceptar

Riesgo	Puntuación obtenida	Clasificación	Disparador	Responsable del riesgo	Acción frente al riesgo
Retrasos en la financiación del proyecto por parte del Ayuntamiento.	9	Riesgo moderado	Retraso por parte del Ayuntamiento.	Responsable administrativo del Ayuntamiento.	Aceptar
Retrasos en el pago a las empresas subcontratadas.	12	Riesgo importante	Retraso por parte del Ayuntamiento.	Arquitecto municipal.	Transferir o mitigar
Retrasos en la finalización de actividades situadas en el camino crítico del proyecto.	8	Riesgo moderado	Diversas causas que ocasionan retrasos en cada una de las actividades del camino crítico.	Arquitecto municipal.	Aceptar
Baja satisfacción por parte del cliente en alguno de los principales entregables.	10	Riesgo importante	No realización del proyecto bajo las restricciones y requisitos de los interesados, baja calidad de los distintos entregables.	Arquitecto municipal	Transferir o mitigar
Malos resultados en las pruebas de calidad de asfaltado.	2	Riesgo bajo	Resultados de pruebas no acordes a la normativa o legislación establecida para los distintos tipos de asfaltos.	Arquitecto municipal	Aceptar
Malos resultados en las pruebas de calidad del alumbrado.	2	Riesgo bajo	Pruebas de calidad con resultados que no cumplen la normativa o legislación establecida para el alumbrado de vías públicas.	Arquitecto municipal	Aceptar

3 CONCLUSIONES DEL PROYECTO

A lo largo de este documento se ha detallado la gestión de un proyecto de urbanismo público, obteniéndose como principales interesados del proyecto los vecinos de la urbanización, el Ayuntamiento de la ciudad, el arquitecto municipal y las principales empresas subcontratadas. Se han recogido los principales entregables del proyecto y sus entradas en el diccionario de la estructura de desglose del trabajo.

Desde un punto de vista de la gestión del cronograma se ha podido comprobar mediante distintas técnicas de diagramado como el proyecto cumple en todo momento con los límites de duración establecidos por los propios interesados, simulando también mediante Crystal Ball los resultados.

La gestión de costes establece un presupuesto para el proyecto de 466.795,82 euros, cumpliéndose de esta forma el límite presupuestario instaurado en un primer momento de 750.000,00 euros.

Finalmente, se han identificado los principales riesgos negativos que podrían darse durante el desarrollo del proyecto, evaluándolos y clasificándolos según su probabilidad e impacto, siendo los más negativos el retraso en el pago a las empresas subcontratadas y la baja satisfacción por parte del cliente en alguno de los principales entregables.

Este proyecto ha sido gestionado de manera satisfactoria siguiendo en todo momento el PMBOK sexta edición.

Referencias

- [1] Apuntes de la asignatura Gestión de Proyectos del grado de Ingeniería de Organización Industrial.
- [2] Guía del PMBOK sexta edición.
- [3] Comunicaciones con empresas de asfaltado y alumbrado.