



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Análisis, uso y aplicabilidad de las técnicas PERT y CPM para la
organización y planificación en la Armada: aplicación a un caso
real*

Grado en Ingeniería Mecánica

ALUMNO: Israel Moreno Hernández

DIRECTORES: Rafael María Carreño Morales

Carlos Ulloa Sande

CURSO ACADÉMICO: 2017-2018

UniversidadeVigo



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Análisis, uso y aplicabilidad de las técnicas PERT y CPM para la
organización y planificación en la Armada: aplicación a un caso
real*

Grado en Ingeniería Mecánica
Intensificación en Tecnología Naval
Cuerpo General

UniversidadeVigo

RESUMEN

La planificación y el control son inherentes a toda organización (institución, organismo público o empresa privada). Así pues, cualquier organización, proyecta planes, programas o propuestas enfocados a la consecución de un fin determinado, al cual se subordinan las actividades y los recursos. Para ello es preciso combinar todos los recursos necesarios, humanos y materiales, de manera coordinada y en una organización temporal. Este conjunto de actividades relacionadas entre sí que son necesarias y se dirigen a la obtención de un bien o servicio superior es lo que se denomina proyecto. A raíz del proyecto de submarinos nucleares armados con misiles “Polaris”, se desarrolló la técnica “Program Evaluation and Review Technique” (PERT), gracias a la colaboración de la Marina estadounidense, la empresa de ingenieros consultores Booz-Allen and Hamilton y la empresa de material aeronáutico Lockheed Missiles System Division. Casi simultáneamente, el “Critical Path Method” (CPM) se desarrolló, por Kelly (de Remington Rand) y Walker (de DuPont) para ayudar a la construcción y mantenimiento de fábricas químicas de DuPont. En este TFG se pretende estudiar con detalle las técnicas PERT y CPM. Todo ello con objeto de considerar su aplicación práctica en la Armada, mostrando finalmente la ejecución de un caso práctico.

PALABRAS CLAVE

Organización, Planificación, PERT, CPM, Gestión de tiempos, Red de actividades.

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer en primer lugar, a toda mi familia por el apoyo prestado a lo largo de estos cinco años en la Escuela Naval Militar, gracias a vuestro apoyo continuo, he logrado formarme a lo largo de mi vida y completar mis estudios de forma satisfactoria.

En segundo lugar, me gustaría agradecer a mi tutor, el profesor Rafael María Carreño Morales, por su implicación en el trabajo, siendo en todo momento una fuente de motivación y apoyo continuo durante toda la realización de este trabajo de fin de grado. Del mismo modo, agradecer al profesor Arturo González la ayuda prestada y su disposición en todo momento para resolver las posibles dudas que pudieran surgir durante el desarrollo del proyecto.

Por último, agradecer a mi promoción, la 418-148 todos los momentos pasados durante nuestra estancia en la Escuela Naval, momentos que serán recordados con gran cariño a lo largo de toda la vida.

Gracias a todos y cada uno de vosotros, que habéis conseguido hacer de mi sueño una realidad.

CONTENIDO

Contenido	1
Índice de Ilustraciones	4
Índice de Figuras	7
Índice de Tablas.....	8
1 Introducción y objetivos	10
1.1 Antecedentes y justificación	10
1.2 Objetivos	11
1.3 Presentación del problema	11
1.3.1 Encuesta realizada al personal de la ENM	11
1.4 Metodología	14
2 Estado del arte	15
2.1 Definición de proyecto.....	15
2.1.1 El triángulo mágico de la gestión de proyectos	16
2.1.2 PMI y PMBOK	16
2.1.3 Ciclo de vida de un proyecto	17
2.2 Dirección de proyectos.....	19
2.2.1 Planificación del proyecto	20
2.2.2 Programación del proyecto	20
2.2.3 Control y seguimiento del proyecto.....	22
2.3 Investigación operativa	22
2.3.1 Origen de las técnicas PERT y CPM.....	22
2.3.2 Puntos básicos de PERT Y CPM.....	23
2.3.3 Diagramas de red y tipos de prelación	24
2.3.4 Estudio del tiempo de ejecución de cada tarea	27
2.3.5 Diferencias básicas entre los métodos PERT y CPM.....	30
2.3.6 Variabilidad en la duración de las actividades con el método PERT	31
2.3.7 Probabilidad de finalización de un proyecto	32
2.3.8 Ventajas y limitaciones de los métodos PERT y CPM.....	32
2.4 Metodologías ágiles de gestión de proyectos.....	33
2.4.1 Manifiesto ágil	34
2.4.2 Scrum.....	35
2.4.3 Extreme Programming (XP)	37
2.4.4 Metodología Kanban	37

2.4.5 Metodologías ágiles vs. predictivas	38
2.5 Gestión de proyectos por cadena crítica	38
2.5.1 Conceptos básicos de la CCPM	39
2.5.2 CCPM vs. metodología tradicional.....	39
2.6 Programas informáticos para gestionar proyectos	40
2.6.1 Microsoft Project	40
2.7 Optimización del proyecto	42
2.7.1 La mejora de métodos de tareas con varios operadores	43
2.7.2 SMED	43
2.7.3 La ergonomía	43
3 Aplicación a la construcción de una nave industrial	44
3.1 Objeto del proyecto	44
3.2 Parámetros característicos.....	44
3.3 Datos del promotor.....	44
3.4 Ubicación y emplazamiento	45
3.5 Antecedentes	46
3.5.1 Propuestas del cliente	46
3.5.2 Exigencias del mercado	46
3.5.3 Necesidades de ampliación.....	46
3.6 Factores por considerar	46
3.6.1 Normativa de construcción para naves industriales.....	46
3.7 Soluciones alternativas.....	47
3.8 Descripción detallada	47
3.8.1 Demoliciones	48
3.8.2 Bote de escombros	49
3.8.3 Terraplén.....	49
3.8.4 Cimentación	51
3.8.5 Revestimientos y pavimentos	52
3.8.6 Estructura metálica	52
3.8.7 Cerramientos.....	54
3.8.8 Cubierta.....	54
3.8.9 Instalación eléctrica, suministro e instalación de luminarias, colocación de puertas, pintado de cerramientos y otras actividades.....	55
3.9 Justificación detallada (cálculos)	57
3.10 Presupuesto	58
3.10.1 Cuadro de unitarios.....	59

3.10.2 Cuadro de descompuestos.....	63
3.10.3 Presupuesto total.....	66
3.11 Listado de actividades.....	67
3.12 Matriz de antecedentes.....	68
3.13 Matriz de secuencias.....	69
3.14 Matriz de tiempos.....	71
3.15 Matriz de información.....	73
3.16 Red de actividades (diagramas Gantt y diagramas de red).....	75
3.17 Limitaciones en la ejecución.....	96
3.17.1 Identificación de riesgos.....	97
3.17.2 Análisis cualitativo.....	98
3.18 Control del proyecto.....	101
3.18.1 Matriz de avance del proyecto.....	101
3.18.2 Gráfica de rendimiento del proyecto.....	103
3.19 Probabilidad de retraso del proyecto.....	104
4 Resultados y líneas futuras.....	109
4.1 Resultados obtenidos en la construcción de la nave industrial.....	110
4.2 Líneas futuras.....	112
5 Bibliografía.....	113
Anexo I: Cálculos de acciones sobre correas.....	117
Anexo II: Distribución normal.....	123
Anexo III: Formatos de las encuestas realizadas.....	124
Anexo IV: Presupuestos aproximados.....	126
Anexo V: Análisis bibliográfico.....	129

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1 Miembros del equipo de desarrollo del proyecto Manhattan [1]	10
Ilustración 1-2 Resultados de la encuesta grupo sometido a análisis [Autoría propia].....	12
Ilustración 1-3 Resultados de la encuesta 1ª pregunta [Autoría propia]	12
Ilustración 1-4 Resultados de la encuesta 2ª pregunta [Autoría propia]	13
Ilustración 1-5 Resultados de la encuesta 3ª pregunta [Autoría propia]	13
Ilustración 2-1 Project Management Institute [4].....	16
Ilustración 2-2 Ciclo de vida de un proyecto [3].....	17
Ilustración 2-3 Relación Riesgo-costo [3].....	18
Ilustración 2-4 Diagrama de Gantt [Autoría propia]	21
Ilustración 2-5 Diagrama Gantt con precedencias [Autoría propia]	21
Ilustración 2-6 Lanzamiento de un misil, proyecto Polaris [9]	23
Ilustración 2-7 Distribución Beta [7].....	31
Ilustración 2-8 Área tabulada para la función de densidad normal [13]	32
Ilustración 2-9 Valores del Manifiesto ágil [17]	34
Ilustración 2-10 Recursos adicionales [32]	41
Ilustración 3-1 Vista aérea de la Escuela Naval Militar [36]	45
Ilustración 3-2 Vista aérea del terreno [Autoría propia] [37].....	45
Ilustración 3-3 Diseño de la nave industrial a construir [Autoría propia].....	47
Ilustración 3-4 Etapas que componen la construcción de una nave industrial [Autoría propia]	48
Ilustración 3-5 Terreno de trabajo (Escuela Naval Militar) [Autoría propia]	49
Ilustración 3-6 Polígono de O Campiño [41]	49
Ilustración 3-7 Bulldozer y compactadora [Autoría propia con modelos sketchup].....	50
Ilustración 3-8 Cimentación de la nave industrial [Autoría propia].....	51
Ilustración 3-9 Revestimientos de la nave industrial [Autoría propia].....	52
Ilustración 3-10 Estructura metálica (1) [Autoría propia]	53
Ilustración 3-11 Estructura metálica (2) [Autoría propia]	53
Ilustración 3-12 Correas que conforman la estructura [Autoría propia]	54
Ilustración 3-13 Conjunto de cerramientos de la nave industrial [Autoría propia].....	54
Ilustración 3-14 Cubierta sobre las diferentes correas [Autoría propia]	55
Ilustración 3-15 Interior de la nave industrial (1) [Autoría propia con modelos sketchup]	56
Ilustración 3-16 Interior de la nave industrial (2) [Autoría propia con modelos sketchup]	56
Ilustración 3-17 Interior de la nave industrial (3) [Autoría propia con modelos sketchup]	56
Ilustración 3-18 Interior de la nave industrial (4) [Autoría propia con modelos sketchup]	57
Ilustración 3-19 Actividades agrupadas según su naturaleza [Autoría propia].....	75

Ilustración 3-20 Diagrama mostrando la duración global del proyecto [Autoría propia]	76
Ilustración 3-21 Subtareas incluidas en los movimientos de tierra [Autoría propia]	76
Ilustración 3-22 Diagrama Gantt correspondiente a las subtareas incluidas en los movimientos de tierra [Autoría propia]	77
Ilustración 3-23 Subtareas incluidas en la construcción del terraplén [Autoría propia]	77
Ilustración 3-24 Diagrama Gantt correspondiente a las subtareas incluidas en la construcción del terraplén [Autoría propia]	78
Ilustración 3-25 Subtareas incluidas en la elaboración de la cimentación [Autoría propia]	78
Ilustración 3-26 Diagrama Gantt correspondiente a las subtareas incluidas en elaboración de la cimentación [Autoría propia]	79
Ilustración 3-27 Subtareas incluidas en la puesta de la estructura metálica [Autoría propia]	79
Ilustración 3-28 Diagrama Gantt correspondiente a las subtareas incluidas en la colocación de la estructura metálica [Autoría propia]	80
Ilustración 3-29 Subtareas incluidas en la instalación eléctrica [Autoría propia]	80
Ilustración 3-30 Diagrama Gantt correspondiente a la instalación eléctrica [Autoría propia]	81
Ilustración 3-31 Subtareas incluidas en las actividades secundarias [Autoría propia]	81
Ilustración 3-32 Diagrama Gantt correspondiente a las subtareas incluidas en las actividades secundarias [Autoría propia]	82
Ilustración 3-33 Diagrama Gantt del proyecto total (1) [Autoría propia]	83
Ilustración 3-34 Diagrama Gantt del proyecto total (2) [Autoría propia]	84
Ilustración 3-35 Componentes del diagrama de red (1) [Autoría propia]	87
Ilustración 3-36 Componentes del diagrama de red (2) [Autoría propia]	88
Ilustración 3-37 Componentes del diagrama de red correspondiente al movimiento de tierras (1) [Autoría propia]	88
Ilustración 3-38 Componentes del diagrama de red correspondientes al movimiento de tierras (2) [Autoría propia]	89
Ilustración 3-39 Componentes del diagrama de red correspondientes a la construcción del terraplén (1) [Autoría propia]	89
Ilustración 3-40 Componentes del diagrama de red correspondientes a la construcción del terraplén (2) [Autoría propia]	90
Ilustración 3-41 Componentes del diagrama de red correspondientes a la realización de la cimentación (1) [Autoría propia]	90
Ilustración 3-42 Componentes del diagrama de red correspondientes a la realización de la cimentación (2) [Autoría propia]	91
Ilustración 3-43 Componentes del diagrama de red correspondientes a la colocación de la estructura metálica (1) [Autoría propia]	91
Ilustración 3-44 Componentes del diagrama de red correspondientes a la colocación de la estructura metálica (2) [Autoría propia]	92
Ilustración 3-45 Componentes del diagrama de red correspondientes a la instalación eléctrica (1) [Autoría propia]	92

Ilustración 3-46 Componentes del diagrama de red correspondientes a la instalación eléctrica (2) [Autoría propia].....	93
Ilustración 3-47 Componentes del diagrama de red correspondientes a la realización de las actividades secundarias (1) [Autoría propia]	93
Ilustración 3-48 Componentes del diagrama de red correspondientes a las actividades secundarias (2) [Autoría propia].....	94
Ilustración 3-49 Diagrama de red completo [Autoría propia]	95
Ilustración 3-50 Etapas que componen la administración de riesgos [52]	96
Ilustración 3-51 Matriz de evaluación [52]	99
Ilustración 3-52 Gráfica de rendimiento [Autoría propia]	103
Ilustración 3-53 Probabilidad de retraso del proyecto [Autoría propia]	106
Ilustración 3-54 Diagrama Gantt de seguimiento (1) [Autoría propia]	107
Ilustración 3-55 Diagrama Gantt de seguimiento (2) [Autoría propia]	108
Ilustración 4-1 Listado de actividades sin establecer precedencias [Autoría propia]	110
Ilustración 4-2 Diagrama de Gantt (To) [Autoría propia]	111
Ilustración 4-3 Diagrama de Gantt (Tp) [Autoría propia]	112
Ilustración A3-1 Formato papel de la encuesta realizada [Autoría propia].....	124
Ilustración A3-2 Formato digital de la encuesta realizada [Autoría propia]	125
Ilustración A5-1 Portada del libro de referencia 1 [5].....	129
Ilustración A5-2 Portada del libro de referencia 2 [10].....	131

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 Precedencia lineal AOA [Autoría propia]	25
Figura 2-2 Precedencia de convergencia AOA [Autoría propia]	25
Figura 2-3 Precedencia de divergencia AOA [Autoría propia].....	25
Figura 2-4 Precedencias convergencia-divergencia [Autoría propia]	26
Figura 2-5 Problemas y soluciones de las actividades en flecha [Autoría propia].....	27
Figura 2-6 Análisis de un nodo [Autoría propia]	27
Figura 2-7 Programación hacia delante [Autoría propia].....	28
Figura 2-8 Programación hacia detrás [Autoría propia].....	29
Figura 2-9 Ejemplo de cálculo de holguras [Autoría propia].....	30
Figura 2-10 Etapas de un Sprint [Autoría propia]	36
Figura 2-11 Principios de la TOC [29].....	39
Figura 2-12 Tipologías de recursos asignables a las tareas [Autoría propia].....	41
Figura 3-1 Actividades que se incluyen en la construcción de terraplenes [Autoría propia].....	50
Figura A1-1 Carga concentrada de 1KN [Autoría propia]	118

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Puntos comunes básicos de PERT y CPM [5]	24
Tabla 2-2 Ventajas de los métodos PERT y CPM [5]	33
Tabla 2-3 Limitaciones y desventajas de los métodos PERT y CPM [5] [14]	33
Tabla 3-1 Comparación de las diferentes geometrías de naves industriales [Autoría propia]	47
Tabla 3-2 Cuadro comparativo de las estructuras metálicas [Autoría propia]	52
Tabla 3-3 Tabla de datos generales de la nave industrial [Autoría propia]	57
Tabla 3-4 Datos básicos de la construcción [Autoría propia]	58
Tabla 3-5 Cuadro de unitarios correspondiente a la mano de obra [Autoría propia]	60
Tabla 3-6 Cuadro de unitarios correspondiente a la maquinaria y equipos necesarios [Autoría propia]	61
Tabla 3-7 Cuadro de unitarios correspondiente a los materiales utilizados [Autoría propia]	63
Tabla 3-8 Cuadro de descompuestos del movimiento de tierras [Autoría propia]	63
Tabla 3-9 Cuadro de descompuestos de la cimentación de la estructura [Autoría propia]	63
Tabla 3-10 Cuadro de descompuestos de los revestimientos y pavimentos [Autoría propia]	64
Tabla 3-11 Cuadro de descompuestos de la estructura metálica [Autoría propia]	64
Tabla 3-12 Cuadro de descompuestos de las cubiertas y cerramientos [Autoría propia]	65
Tabla 3-13 Cuadro de descompuestos de las actividades secundaria [Autoría propia]	65
Tabla 3-14 Cuadro resumen [Autoría propia]	66
Tabla 3-15 Listado de actividades [Autoría propia]	68
Tabla 3-16 Matriz de antecedentes [Autoría propia]	69
Tabla 3-17 Matriz de secuencias [Autoría propia]	71
Tabla 3-18 Matriz de tiempos [Autoría propia]	73
Tabla 3-19 Matriz de información [Autoría propia]	74
Tabla 3-20 Datos (IMTE/IMTA/FMTE/FMTA/Holgura) del proyecto [Autoría propia]	87
Tabla 3-21 Riesgos políticos [53] [54]	97
Tabla 3-22 Riesgos Económicos-Financieros [54]	97
Tabla 3-23 Riesgos contractuales [54]	97
Tabla 3-24 Riesgos de diseño-técnicos [54]	98
Tabla 3-25 Riesgos de dirección o índole administrativo [54]	98
Tabla 3-26 Riesgos accidentales o fortuitos [54]	98
Tabla 3-27 Análisis cualitativo de riesgos [Autoría propia]	100
Tabla 3-28 Matriz de avance del proyecto [Autoría propia]	103
Tabla 3-29 Datos de varianza del proyecto [Autoría propia]	105
Tabla A1-1 Datos de la estructura [Autoría propia]	117
Tabla A1-2 Resultados de acciones [Autoría propia]	119

Tabla A1-3 Coeficientes correspondientes a las diferentes acciones (1) [44].....	119
Tabla A1-4 Coeficientes correspondientes a las diferentes acciones (2) [44].....	120
Tabla A2-1 Distribución normal [56].....	123

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 Antecedentes y justificación

La gestión de proyectos es un término relativamente moderno, al que podríamos asociar la puesta en marcha del programa espacial o la construcción del Burj Khalifa en Dubái, sin embargo, desde el comienzo de los tiempos, la noción de proyecto ha existido y una prueba fehaciente de ello la encontramos en la construcción de las pirámides aztecas en el siglo XV o el levantamiento de la gran muralla china en el siglo XVI.

Este concepto de gestión de proyectos es del mismo modo aplicable al sector militar, donde a lo largo de la historia hemos podido encontrar numerosos casos en los que diferentes países unen sus esfuerzos para llegar a un fin común, como fue entre otros, el proyecto de creación de la primera bomba atómica conocida con el nombre de “Manhattan”, proyecto en el que fue imprescindible la coordinación de Canadá, Reino Unido, y los Estados Unidos de América y que de la misma forma, agrupó a una gran cantidad de científicos como Neils Bohr, Enrico Fermi o Luis Walter entre otros. Se puede observar a estos miembros del equipo en la Ilustración 1-1.



Ilustración 1-1 Miembros del equipo de desarrollo del proyecto Manhattan [1]

Focalizando la atención en la temática del presente trabajo y debido a la importancia a nivel mundial que tiene la correcta gestión de los proyectos, se tratará de analizar y aplicar al ámbito de las Fuerzas Armadas, los métodos para la planificación de las diferentes actividades de un proyecto como son las técnicas de evaluación y revisión de proyectos “Program Evaluation and Review Techniques” (PERT) y el método del camino crítico (CPM), ambas desarrolladas a mediados del siglo XX con el

objetivo de ayudar a los directivos a programar y controlar los proyectos con un número elevado de actividades.

1.2 Objetivos

Mediante la realización de este trabajo, se pretenden sentar las bases del conocimiento básicas para alcanzar una correcta planificación y lograr un control de un proyecto, plan o programa enfocado a la consecución de un fin determinado, así mismo se pretende que este trabajo sirva como base para llevar a cabo futuros proyectos relacionados con una correcta gestión de sus actividades. Para ello, se realizará un análisis exhaustivo de las técnicas PERT y CPM, estudiando las diferencias que podemos observar entre ambos métodos y su implementación en un caso práctico, como es la construcción de una nave industrial en la Escuela Naval Militar. Del mismo modo, se pondrá en uso un programa informático que permita la elaboración y resolución de Redes de actividades y se mencionarán las metodologías ágiles y la gestión de proyectos por cadena crítica.

1.3 Presentación del problema

Actualmente nos encontramos envueltos en una etapa de desarrollo tecnológico progresivo y acelerado, donde la creciente dificultad de los proyectos y las altas exigencias del mercado en el que estamos trabajando, obliga a las organizaciones a llevar a cabo una correcta gestión de sus recursos para evitar costes extra y pérdidas de tiempo que podrían ocasionar la liquidación inmediata del organismo involucrado. Del mismo modo, una correcta gestión de proyectos proporcionará una ventaja competitiva a cualquier organización que sea capaz de planificar, programar y controlar el desarrollo de un conjunto determinado de actividades cuya ejecución logre un fin superior.

Casos de una excelente administración de proyectos los encontramos en la empresa Bechtel Group de San Francisco, conocida por la dirección de macroproyectos como la presa Hoover, pero que sin duda destacó cuando el equipo de dirección de su empresa entró en Kuwait, desplegando 520.000 toneladas de equipos y movilizando a más de 16.000 personas y 742 aviones y barcos. Otro caso de una correcta administración de proyectos lo encontramos en el concierto anual patrocinado por Rockfest, al que acuden alrededor de 100.000 personas, confiando los gerentes en las técnicas y el software de administración de proyectos para mantener en orden el desempeño del presupuesto y la planificación.

Por otro lado, podemos encontrar una gran cantidad de obras que debido a una deficiente planificación no reportaron beneficios, sino todo lo contrario, causaron pérdidas de millones de dólares. Uno de estos casos más emblemáticos y que destacase por su mala gestión, fue el de la implementación de un sistema automático de manipulación del equipaje en el Aeropuerto Internacional de Denver (DIA), donde debido al elevado número de pasajeros que concurrían por el aeropuerto, decidieron introducir una serie de etiquetas, que serían colocadas en el equipaje y aceleraría todo el proceso de facturación. Una excelente idea que debido a su mala gestión provocaría que la apertura del aeropuerto se aplazase más de 15 meses, ocasionando unas pérdidas de más de 1.900 millones de dólares.

“Lo único peor a no tener vista, es no tener visión.” (Helen Keller) [2]

1.3.1 Encuesta realizada al personal de la ENM

Con el objeto de demostrar la importancia existente en la gestión de proyectos, se ha realizado una encuesta a rellenar por parte del alumnado y profesorado del centro, obteniendo los resultados que se muestran a continuación:

Usted forma parte del

70 respuestas

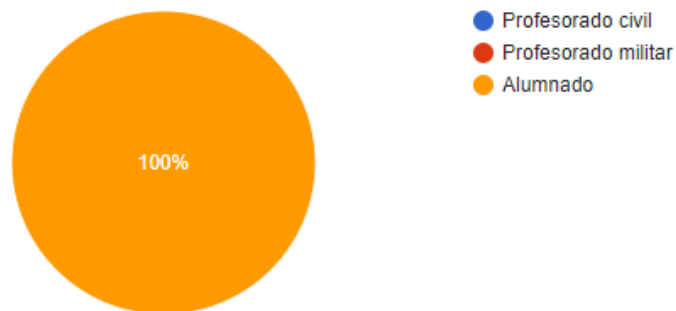


Ilustración 1-2 Resultados de la encuesta grupo sometido a análisis [Autoría propia]

En primer lugar, se puede observar en la Ilustración 1-2, que el grupo que se analiza es el correspondiente al alumnado. El formato de esta encuesta digital se encuentra en el Anexo V del presente trabajo y fue rellenada por alumnos de todas las brigadas, llegando a un total de 70 personas las voluntarias que participaron en la encuesta y obteniendo consecuentemente una serie de resultados que serán comentados conforme se muestren las preguntas.

¿Considera que una correcta gestión de proyectos reportará mayores beneficios a una organización?

70 respuestas



Ilustración 1-3 Resultados de la encuesta 1ª pregunta [Autoría propia]

Con respecto a la primera pregunta mostrada en la Ilustración 1-3 y formulada en la encuesta, los resultados obtenidos fueron los esperados. Absolutamente todos los entrevistados seleccionaron la opción de que una correcta gestión de proyectos reportará más beneficios a una organización que la realización del mismo proyecto sin gestionarlo correctamente. Todos los alumnos que fueron entrevistados son conscientes de la importancia que tendrá una correcta planificación, programación y control de los proyectos en cualquier proyecto.

Desde su punto de vista, ¿piensa que las actividades llevadas a cabo por los alumnos en la Escuela Naval Militar se podrían gestionar de una forma más eficiente?

70 respuestas

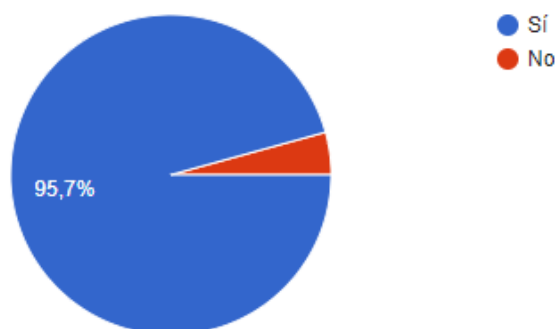


Ilustración 1-4 Resultados de la encuesta 2ª pregunta [Autoría propia]

En esta segunda pregunta representada en la Ilustración 1-4, se plantea si el alumno considera que las actividades que son realizadas en la Escuela Naval Militar podrían ser gestionadas de una forma más eficiente. Esta pregunta a pesar de que fuese contestada con un sí por un 95,7% de los entrevistados. Se trata de una pregunta muy general y que, por lo tanto, tendría que ser analizada en futuros proyectos para poder llegar a establecer en que ámbito en concreto parece ser que se podrían gestionar las tareas de una forma más eficiente. El objetivo de esta pregunta no era otro que el de mostrar al lector que siempre es posible realizar mejoras en el sistema.

Con respecto a los periodos de Instrucción y adiestramiento de los alumnos, ¿piensa que existen tiempos muertos que podrían ser aprovechados?

70 respuestas

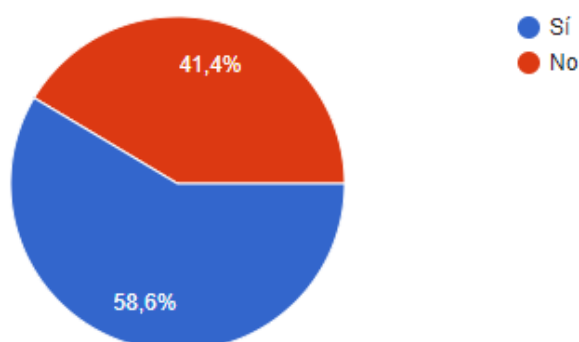


Ilustración 1-5 Resultados de la encuesta 3ª pregunta [Autoría propia]

Esta tercera pregunta mostrada en la Ilustración 1-5, se encuentra en estrecha relación con la descrita anteriormente. Un 58,6% de los alumnos opinan que sí se podrían aprovechar mejor algunos periodos de instrucción y adiestramiento realizados en la Escuela Naval Militar. Organizar estas tareas no será tarea fácil, de hecho, requerirá un gran estudio de las diferentes opciones. Eligiendo

finalmente, aquella opción que mejor se adapte y cumpla con los requisitos establecidos por cada departamento.

Del mismo modo, se realizó la misma encuesta al profesorado de la Escuela Naval Militar, obteniendo unos resultados semejantes a los mostrados en los diagramas circulares superiores. Todo el personal entrevistado contestó de forma unánime con un sí a la primera pregunta, en la cual se pregunta al lector sobre la importancia de gestionar proyectos. En la cuestión siguiente, al igual que el alumnado, existe una gran parte del profesorado que considera que cualquier sistema puede ser mejorado en mayor o menor medida, particularmente en el caso que nos atañe, se podrían coordinar de una forma más eficiente los horarios y cambios de clases que tienen lugar durante un año lectivo. Por último, con respecto a la última pregunta, los resultados obtenidos no fueron concluyentes debido a que se trataba de una pregunta más específica donde la mayor parte del profesorado civil no tenía la información suficiente para responderla.

Después de haber analizado todos los resultados obtenidos en la encuesta, se consideran satisfactorios los resultados obtenidos y se logra el objetivo fundamental buscado con esta encuesta; mostrar la importancia de la gestión de proyectos y justificar la elección del tema elegido para la realización del trabajo de fin de grado.

1.4 Metodología

Con el fin de lograr los objetivos descritos anteriormente, el desarrollo de este trabajo se ha llevado a cabo realizando un análisis progresivo de los conceptos más generales de la gestión de proyectos y posteriormente analizando aquellos términos más particulares. De este modo, se encuentra claramente estructurado como a continuación se expresa.

En primer lugar, se podrá observar el apartado correspondiente a la introducción, este será el encargado de presentarnos la problemática actual existente a la hora de gestionar un proyecto, además de detallar los objetivos del proyecto y de mostrar al lector el motivo de su estudio y análisis, en este apartado se mostrarán los resultados concernientes a la encuesta realizada en la Escuela Naval Militar sobre la dirección de actividades.

En segundo lugar, se encontrará el apartado denominado estado del arte, este epígrafe proporcionará las bases del estudio seguido mediante la definición de la dirección de proyectos. Además, se plasmarán los estudios sobre las diferentes técnicas de programación, se analizará el soporte informático de Microsoft Project de una forma general, se definirán las metodologías ágiles de la gestión de proyectos y la metodología de la cadena crítica y por último se listará una serie de técnicas que podrían optimizar un proyecto.

Posteriormente, una vez presentado el tema y analizadas las técnicas que se aplican a este trabajo de fin de grado, se desarrollará el tercer epígrafe, que comprende el desarrollo del caso práctico. Habiéndose elegido, “La aplicación de las técnicas PERT y CPM a la construcción de una nave industrial en la Escuela Naval Militar”. En este apartado es donde se concentra el mayor esfuerzo del trabajo y el motivo de elección de este, aplicando el método de gestión de actividades de una forma fidedigna para poder obtener una serie de resultados que posteriormente serán analizados.

Finaliza el proyecto con un apartado que corresponde a las conclusiones y líneas futuras. En este epígrafe será en donde se mostrarán los resultados obtenidos de la realización de este trabajo de fin de grado y se utilizará la información obtenida para realizar futuros planteamientos de posibles mejoras a introducir en el proceso de planificación de un proyecto. Además, se plantearán posibles trabajos de fin de grado con el objeto de establecer futuras líneas de investigación.

Los cálculos, los formatos de las encuestas realizadas, los presupuestos aproximados de la obra y el análisis bibliográfico se describirán en los anexos adjuntos.

2 ESTADO DEL ARTE

2.1 Definición de proyecto

Antes de comenzar a explicar todos los aspectos relacionados con la dirección de proyectos, se hace necesario definir el concepto de proyecto. Esta palabra procede del latín “proiectus”, que a su vez deriva de “proicere”, donde pro- significaría hacia delante y -iacere significaría lanzar, por tanto, literalmente podemos señalar que la definición de proyecto es lanzamiento hacia delante, hacia el futuro. Contextualizando el significado de esta palabra, podríamos definirlo en nuestro caso, como un conjunto de tareas que guardan una relación entre sí y que su correcta ejecución permite llegar a un fin común (hacia el futuro). Un proyecto se caracteriza por ser un esfuerzo temporal, bien delimitado en el tiempo y donde el final de este es alcanzado mediante la ejecución de los diferentes objetivos del proyecto o si por el contrario los objetivos se determinan que no pueden ser cumplidos. Independientemente del tipo de proyecto que se trate, una correcta gestión de una obra requerirá la ejecución de una serie de procesos de dirección de proyectos, estos procesos se encuentran agrupados en cinco categorías que se muestran a continuación:

Grupo de procesos de inicio: en este apartado será en aquel en donde se defina el alcance inicial del proyecto, se comprometan los recursos financieros iniciales, se identifiquen los interesados que van a formar parte del proyecto y se determine el director del proyecto.

Grupo de procesos de planificación: en este epígrafe se establecerá la línea de actuación para conseguir cumplir los objetivos establecidos, se determinará el alcance total del esfuerzo y se actualizarán los objetivos anteriormente establecidos en la fase de inicio.

Grupo de procesos de ejecución: este grupo de procesos será el encargado de coordinar tanto a personas como recursos para lograr una correcta realización del proyecto que previamente haya sido definido.

Grupo de procesos de monitoreo y control: es el grupo encargado de monitorizar, analizar y controlar el avance del proyecto con el objetivo de detectar posibles carencias o áreas que necesiten una ejecución diferente a la que se está llevando a cabo.

Grupo de procesos de cierre: se trata del grupo encargado de agrupar aquellas actividades realizadas con el objeto de dar por concluido el proyecto al completo.

Estas cinco fases son lo que se conoce con el nombre de grupos de procesos y son definidos en la guía PMBOK [3], de la que se hablará en el apartado siguiente.

Continuando con las características de un proyecto, podríamos mencionar que los proyectos se caracterizan por: ser capaces de generar un servicio o proporcionar la capacidad de realizar un servicio,

desarrollar las pautas necesarias para elaborar un determinado producto, obtener mejoras en un ambiente determinado e incluso proporcionar a una organización una serie de resultados que podrían englobar una conclusión, unos análisis o simplemente unos documentos de gran utilidad para la empresa. [3]

2.1.1 El triángulo mágico de la gestión de proyectos

También conocido con el nombre de triángulo de hierro de la gestión de proyectos. Se trata de un elemento que presenta visualmente la relación existente entre tres parámetros: el coste, el tiempo y los requerimientos del cliente (calidad). En ocasiones, se puede introducir el término de alcance del proyecto, situando la calidad dentro del triángulo.

Este triángulo mágico que se basa en un triángulo puede ser utilizado para definir las bases de la gestión de proyectos, ya que, desde un principio, la planificación de un proyecto comienza con la definición de la calidad final deseada, modelo ideal al que se aspira o alcance de nuestro proyecto; seguidamente, se definirá el coste aproximado del proyecto de una forma realista y por último se establecerá el tercer parámetro, el tiempo.

Sin embargo, la característica que hace peculiar a este triángulo, y el motivo por el que lo llaman triángulo mágico o de hierro, es debido a que, si modificamos alguno de los parámetros anteriormente descritos, ocasionará un desajuste de forma inversa en al menos uno de los lados del triángulo. Así pues, una reducción de la fecha de entrega provocará o bien un aumento de costes o una reducción del alcance previsto del mismo.

2.1.2 PMI y PMBOK

El Project Management Institute (PMI), cuyo logo se representa en la Ilustración 2-1, es un organismo sin fines de lucro fundado en 1969 y que se dedica a la dirección de proyectos a nivel mundial. Esta organización agrupa a profesionales del sector procedentes de todo el mundo, está reconocido a nivel mundial y su sede central se encuentra en Pensilvania. El objetivo principal de esta organización es el de establecer los estándares de la dirección de proyectos, proporcionar diferentes certificaciones al empleado y organizar seminarios y planes educativos con el fin de fomentar el conocimiento de la gestión de proyectos.



Ilustración 2-1 Project Management Institute [4]

De la misma forma, en el portal web que encontramos en la página principal de PMI se plantea la posibilidad de registrarse creando una cuenta a nivel usuario, en la cual, mediante una serie de herramientas interactivas se le permitirá al usuario acceder a información del tipo: estado de certificación, calendario de próximos eventos, herramientas para ampliar conocimientos, etc.

El PMI del mismo modo, ofrece hasta 8 certificaciones que garantizan al profesional una preparación excelente para poder satisfacer las demandas de proyectos en todo el mundo. Las certificaciones ofertadas son las siguientes: PMP, PgMP, PfMP, CAPM, PMI-PBA, PMI-ACP, PMI-RMP y PMI-SP destacando la llamada Project Management Professional (PMP). Esta última certificación se trata de la certificación más importante reconocida por la industria de la dirección de

proyectos, ya que demuestra que el individuo habla y comprende el lenguaje global de la gestión de proyectos y que sabe poner los conocimientos que envuelven este marco de gestión en práctica. Para la obtención de esta certificación será necesario completar con éxito un examen de certificación de 200 preguntas y poseer una serie de requisitos previos: grado de cuatro años, más 4500 horas dirigiendo proyectos, etc.

Cabe destacar la publicación de la Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (PMBOK) por esta organización, documento que contiene los estándares y normas que envuelven una gestión de proyectos y proporciona de la misma forma una serie de pautas para la dirección de proyectos individuales.

La guía del PMBOK del mismo modo, promueve un léxico común para el correcto uso y aplicación de los conceptos de la dirección de proyectos y conforme nos introducimos en su lectura, se puede observar que se encuentra estructurado de la siguiente forma:

En un primer momento, se introduce el propósito de la guía del PMBOK, acompañando la definición de proyecto, dirección de proyectos, rol del director del proyecto, etc.

Seguidamente, describirá la influencia de la organización y ciclo de vida del proyecto, incluyendo sus fases y la composición de los equipos del proyecto.

Posteriormente, se encontrarán los procesos de la dirección de proyectos, donde se aportará la información necesaria para el inicio, planificación, ejecución, monitoreo, control y cierre del proyecto.

Por último, se establecerá la información concerniente a la gestión de la integración del proyecto, gestión del alcance, gestión de tiempos del proyecto, gestión de los costes del proyecto y gestión de la calidad del proyecto entre otros. [4]

2.1.3 Ciclo de vida de un proyecto

Debido a que un proyecto es un elemento cambiante, que evoluciona a lo largo del tiempo, desde la formulación de una idea hasta que finalmente se forma un proyecto completo, se pueden establecer una serie de fases a lo largo de su realización que generalmente serán secuenciales, pero que será posible encontrarlas superpuestas. Estas fases que engloban el ciclo de vida de cualquier proyecto vienen representadas en la Ilustración 2-2.

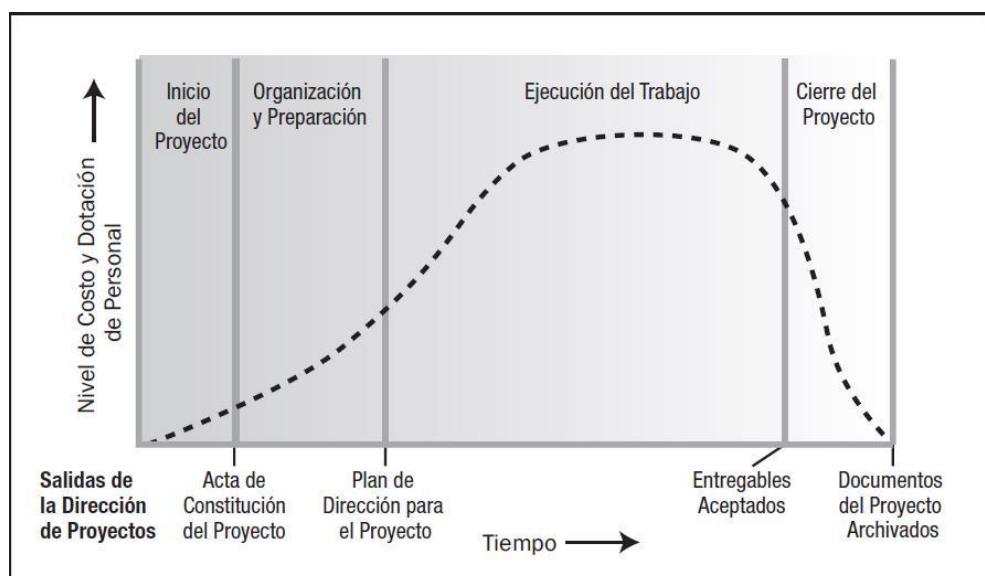


Ilustración 2-2 Ciclo de vida de un proyecto [3]

Donde después de ser analizado el gráfico, se pueden llegar a obtener a una serie de conclusiones parciales:

La primera fase del ciclo de vida de un proyecto será la denominada inicio del proyecto, en esta fase, se producirá la identificación de las necesidades para la realización del proyecto, del mismo modo, se tomarán las decisiones adecuadas que después ayudarán a llevar a cabo una correcta ejecución de la obra. Es esencial que en esta etapa se examine la naturaleza y fin del proyecto, se analice cuál será el impacto de este y se defina la motivación del proyecto, detallando los objetivos que alcanzaremos y las partes que se encuentran vinculadas. Además, como se puede observar en la gráfica, los costes en esta etapa y el número de personas involucradas será mínimo y finalizará con la aprobación del acta de constitución del proyecto.

La segunda fase es conocida con el nombre de organización y programación, en esta fase se ejecutará la planificación del proyecto mediante la identificación y secuenciación de tareas, se determinará el impacto del proyecto con respecto al medio ambiente, se asignarán responsabilidades, se crearán procedimientos de control del proceso y se formularán reglas generales tales como qué tipo de documentos serán los utilizados, por último, se establecerán fechas de entrega, y se asignarán recursos, todas estas actividades deben de dejar el proyecto listo para su correspondiente ejecución. La finalización de esta etapa se producirá con la realización y aprobación del plan de dirección del proyecto.

Seguidamente, si continuamos por el eje de tiempos representado en el eje de abscisas llegamos a la tercera etapa y por lo general la etapa más larga de todas. En esta fase se llevará a cabo la ejecución del proyecto siguiendo la coordinación y ejecución previamente establecidas. Como queda manifestado en la gráfica, en esta etapa el número de recursos asignados y personal involucrado es muy alto llegando a un punto máximo a partir del cual la gráfica pasará a tener pendiente negativa indicando que el número de recursos asignados va disminuyendo al igual que el personal que trabaja en la obra y que finalmente nos dará entrada a la última fase del proyecto.

El cierre del proyecto es la fase final del ciclo de vida de un proyecto, por lo general se tratará de la fase más pequeña y más fácil de todo el proyecto, pero no por ello menos importante. En esta fase se plasmarán resultados y se establecerán bases de datos para que las conclusiones obtenidas en estos estudios no se pierdan y puedan ser utilizados en otras obras.

Del mismo modo y por lo general, conforme avancemos en la realización de nuestro proyecto los riesgos e incertidumbres en los que nos vemos envueltos se irán reduciendo, esto es debido a que se irá produciendo el aprobado de algunos documentos, como es el plan de dirección o el acta de constitución del proyecto. De la misma forma, pero con tendencia inversa se producirá el crecimiento del costo de los cambios, es decir, hacer cambios al comienzo del proyecto no producirá los mismos gastos que si decidimos realizar cambios del proyecto en la fase de ejecución de este. En la Ilustración 2-3 se puede observar la relación existente entre el riesgo/costo de cambios con respecto el tiempo.

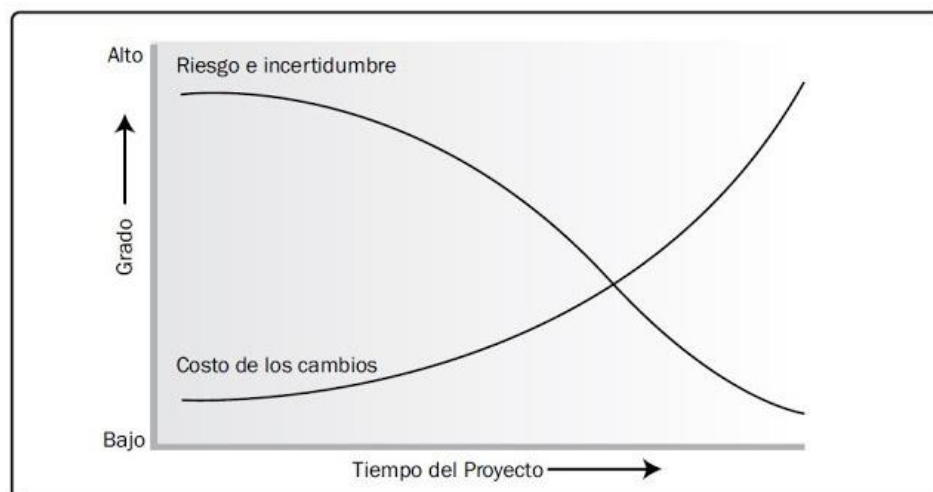


Ilustración 2-3 Relación Riesgo-costo [3]

Es necesario mencionar que no todos los proyectos siguen la curva descrita por las gráficas anteriores, existen proyectos donde será necesario contar con una gran inversión en la fase de inicio y, sin embargo, en la fase de ejecución el personal involucrado sea menor, esto nos lleva a la conclusión de que no existe una estructura ideal, pero es indiscutible que la división en fases nos facilitará la tarea de planificación y control del proyecto.

2.1.3.1 Ciclos de vida predictivos

Son aquellos ciclos en los que en primer lugar se determinan los requisitos del proyecto (tiempo, alcance, costo) y seguidamente se realizarán una serie de fases que guardarán una relación de superposición o secuencial con la anterior. Establecer un ciclo de vida predictivo proporcionará una gran ventaja si las necesidades o requisitos del proyecto se las conocen desde el inicio de la obra, además este ciclo de vida está diseñado para proyectos en los que la incertidumbre es mínima y que, por consiguiente, no se prevén cambios que puedan afectar al desarrollo de este.

2.1.3.2 Ciclos de vida iterativos e incrementales

Son aquellos ciclos en los que determinadas fases se van repitiendo conforme se produce el avance del proyecto. La función que realiza la iteración de las tareas será la de desarrollar el producto al mismo tiempo que los incrementos vayan produciendo un aumento de la funcionalidad del producto o servicio.

El objetivo de este ciclo de vida es que al final de cada iteración, el producto con el que se haya trabajado sufra una mejora con respecto a su anterior estado, del mismo modo, este tipo de ciclo se utiliza cuando el objetivo que se busca posee una alta complejidad y es útil llevar un registro con los avances que va sufriendo el producto.

2.1.3.3 Ciclos de vida adaptativos

Este tipo de ciclo de vida es el ideal para gestionar aquellos proyectos que sufren un cambio continuo de objetivos y por tanto se desarrollan en un ambiente con un alto grado de incertidumbre. Se caracterizan por poseer unas iteraciones al igual que el ciclo de vida iterativo, pero con la diferencia de que son iteraciones de muy rápida ejecución y de duración fija.

Actualmente, los proyectos con los que nos encontramos en el mercado son mayoritariamente proyectos abiertos, proyectos que poseen cierta flexibilidad, este es el motivo por el que los proyectos orientados al cambio proporcionarán una mejora continua.

2.2 Dirección de proyectos

La dirección de proyectos, por otro lado, se puede definir como el proceso adoptado por las empresas para llevar a cabo un determinado proyecto, en este proceso se aplicarán las técnicas, conocimientos y habilidades necesarias para lograr la realización de las tareas que lo conforman. El objetivo de la dirección de proyectos será por tanto el de adelantarnos al cambio continuo que se produce en el mundo actual.

La figura de director de proyectos será, por tanto, una figura esencial en la elaboración de un proyecto. En él recaerán una serie de responsabilidades: que las actividades se llevan a cabo en tiempo y forma, que la obra cumpla con el presupuesto que se le ha asignado, que el proyecto alcance la calidad requerida y que todos los recursos humanos que se han asignado para la realización de ese proyecto estén correctamente informados en cuestiones relativas a la realización de sus trabajos. Sin embargo, no solo son estas las cuestiones las abordadas por una dirección de proyectos.

Una vez definida la dirección de proyectos, podemos pasar a describir las diferentes fases en las que se puede dividir el Project Management y las tareas que englobaría cada una de estas fases.

2.2.1 Planificación del proyecto

La planificación del proyecto podemos considerarla como la primera etapa que se encuentra bajo la dirección de proyectos. En esta etapa se definirá el proyecto, se determinarán los recursos necesarios para su ejecución, se establecerán los objetivos básicos del proyecto y se desarrollará una estructura de trabajo desagregada.

Esta estructura desagregada consistirá en hacer sucesivas divisiones de las tareas asociadas a la consecución de los objetivos del proyecto, obteniendo con cada división una serie de tareas cada vez más manejables y sencillas. Este proceso de descomposición no es sencillo, todo lo contrario, llevará implícito un elaborado plan de análisis, pero nos ayudará a la hora de alcanzar las metas que se han establecido. [5]

Además, la organización de un determinado proyecto funcionará de una manera más eficiente si:

En primer lugar, el trabajo puede definirse con un objetivo y una fecha de entrega.

El proyecto afecta a un conjunto de departamentos.

La tarea por realizar es única o desconocida por la organización.

El proyecto es temporal pero imprescindible para la organización.

2.2.2 Programación del proyecto

En esta etapa se realizará la secuenciación de actividades, la programación de entregables y de recursos y por último la asignación de los recursos humanos. La programación de proyectos, por tanto, requerirá un esfuerzo por parte del equipo directivo para determinar el tiempo que durará cada actividad y calcular la cantidad de recursos (humanos y materiales) que se van a ver involucrados en cada fase del proyecto. Del mismo modo, establecerán una serie de programas diferenciados con el objetivo de resolver actividades que impliquen una determinada habilidad o un número concreto de personas trabajando. [5]

Una herramienta básica que puede facilitar la programación de un proyecto es el diagrama Gantt que estudiaremos a continuación, sin embargo, independientemente del tipo de herramienta utilizada por el equipo directivo, todas ellas buscarán una servirán para:

En un primer lugar, mostrar la relación existente entre las diferentes tareas que conforman el proyecto al mismo tiempo que se muestran las relaciones de precedencias entre ellas.

En segundo lugar, ayudar a gestionar el uso de recursos humanos y materiales mediante la identificación de los posibles cuellos de botella que sean susceptibles de ocurrir en el proyecto.

Por último, estimular al ente ejecutor del proyecto el establecimiento de unos costes y duración aproximada de las diferentes tareas del proyecto.

2.2.2.1 Diagramas Gantt

Este tipo de diagramas se pueden identificar como una herramienta de muy fácil manejo e interpretación. Fueron inventados por el ingeniero Norteamericano Henry L. Gantt. Su ejecución ofrecerá al usuario una visión muy general del proyecto, otorgándole la capacidad de poder ver las actividades que envuelven el proyecto, las estimaciones parciales y finales de finalización del proyecto y la asignación particular de recursos involucrados en cada fase.

Desde un punto de vista constructivo, este gráfico está representado sobre un sistema de coordenadas: El eje horizontal que correspondería a una línea en la que está representada el tiempo y un eje vertical en el que quedan manifestadas las diferentes actividades del proyecto.

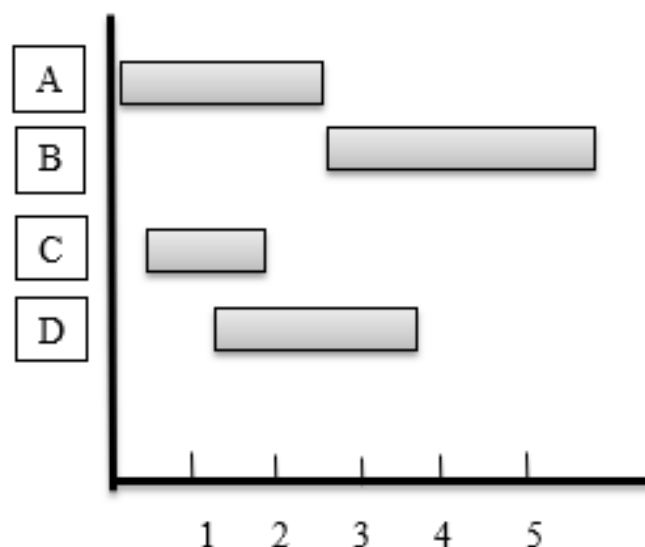


Ilustración 2-4 Diagrama de Gantt [Autoría propia]

En la Ilustración 2-4 podemos observar un caso estándar básico de diagrama Gantt, en el cuál se manifiestan tanto la duración de las actividades (para la actividad C es de 2 unidades), sin embargo, no se podrá apreciar la precedencia que existe entre ellas, (podemos suponer que la actividad B no comienza hasta que ha finalizado la actividad A). Este diagrama, por tanto, debería ir acompañado de una tabla de precedencias para su correcto entendimiento ya que, por sí solo no nos daría los datos necesarios para interpretarlo.

Actualmente, podemos encontrar numerosos softwares informáticos que han permitido a los diagramas Gantt representar este tipo de gráficos de una forma más fidedigna y completa, todo ello gracias a que se podrán apreciar las dependencias existentes entre las diferentes fases de una forma visual, tal y como se puede ver en la Ilustración 2-5.

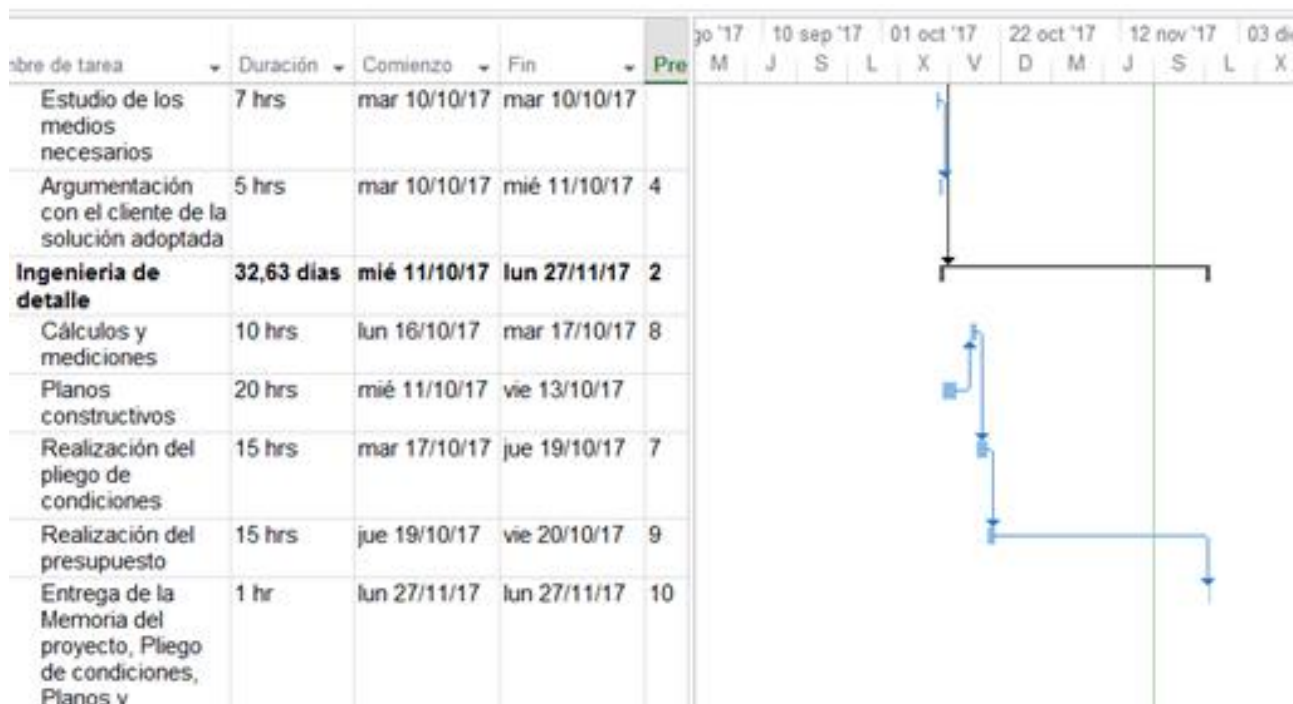


Ilustración 2-5 Diagrama Gantt con precedencias [Autoría propia]

Este tipo de sistemas cuenta con las ventajas de que es un instrumento de bajo costo y de que permite planificar actividades relativamente fáciles, sin embargo, cuenta con algunas desventajas debido a que se trata de un modelo meramente representativo, no está diseñado para realizar cálculos o para establecer una serie de opciones, además cualquier cambio en el proyecto provocará un cambio bastante acusado en el diagrama. [6]

2.2.3 Control y seguimiento del proyecto

Esta etapa consistirá en comprobar que el proyecto va completándose de manera correcta, para ello se vigilarán los recursos asignados a una determinada fase, se atenderá la calidad parcial con la que se están desarrollando las tareas y se supervisarán los costes que se van ocasionando en el proyecto.

Básicamente, con el control de proyectos vamos a comparar los datos que vamos obteniendo como resultado de la realización del proyecto con una serie de datos que la dirección de operación haya previamente introducido en la fase de programación. Todas estas actividades pueden ser ejecutadas mediante programas informáticos como primavera o MS Project entre otros.

Actualmente, existen numerosas técnicas para realizar este tipo de actividades. Entre ellas destacan las denominadas PERT y CPM que serán analizadas en los apartados sucesivos.

2.3 Investigación operativa

Antes de comenzar a lidiar con las técnicas de programación y control de proyectos, se hace necesaria la definición de un concepto que se encuentra estrechamente vinculado con estas técnicas como es la investigación operativa.

La investigación operativa o también conocida teoría de la toma de decisiones, es una disciplina que se basa en la utilización de una serie de medios matemáticos para alcanzar una respuesta efectiva frente a un problema estipulado, facilitando por consiguiente la toma de decisiones. A pesar de que esta ciencia naciese en el ámbito militar, no tardó en aplicarse al mundo industrial y comercial debido a las excelentes respuestas que proporcionaba en ambos sectores.

Por otra parte, como consecuencia del avance tecnológico que se produce en el mundo a lo largo de las últimas décadas, el desarrollo de softwares informáticos ha facilitado la resolución a este tipo de problemas de optimización. Para ser más exactos y centrándonos en el tema del presente trabajo, gracias a este desarrollo de la investigación operativa, el usuario va a ser capaz de emplear técnicas de control y gestión de proyectos de una forma sencilla y logrando resultados espectaculares.

Más concretamente se analizarán las técnicas PERT y CPM de una forma crítica y objetiva ya que mediante estos dos modelos se podrán programar proyectos que comprendan un elevado número de tareas. [7]

2.3.1 Origen de las técnicas PERT y CPM

El origen del método del camino crítico o también conocido como ruta crítica, se sitúa en torno a 1956, y fue desarrollado por la empresa E.I. DuPont. El nacimiento de este método fue, sin embargo, consecuencia de la aparición de uno de los primeros ordenadores (UNIVAC 1), ya que, el equipo directivo de la compañía pensó que el mejor uso que se podría hacer del ordenador sería el de darle la capacidad de planificar y controlar la realización de proyectos. Más tarde, en esta compañía surgiría la necesidad de controlar la construcción de 300 fábricas dedicadas a plantas químicas, para ello, el método que había sido creado por Morgan Walker y James E. Kelley era muy efectivo. Este tipo de macroproyectos hubiesen sido inviables de realizar con únicamente diagramas Gantt u otras técnicas que no gestionan con eficacia un gran número de actividades.

Este método puede ser empleado siempre que se conozcan con certeza la duración de las actividades que componen el proyecto, del mismo modo será capaz de identificar aquellas actividades donde se pueden producir retrasos sin que afecten al proyecto global. [8]

Por otro lado, la técnica de evaluación y revisión de programas fue desarrollada en 1957, en la oficina de proyectos especiales de la Armada de los EE. UU., el motivo de su aparición fue el de la necesidad de gestionar el proyecto de construcción de misiles balísticos (Polaris) en menos de cinco años, además para la realización de este proyecto serían gestionadas un gran número de actividades y estarían vinculadas más de 250 empresas y más de 9000 subcontratas. Por todo ello, se estableció como una necesidad la creación de un método que permitiese gestionar y controlar este proyecto. Finalmente, gracias al trabajo conjunto de la Oficina de Proyectos Especiales de la Armada de los EE. UU, la consultoría Booz Allen & Hamilton y la división de Sistemas de Misiles Lockheed consiguieron obtener el método conocido como Program Evaluation and Review Technique. Tras la aplicación de esta técnica el proyecto Polaris se ejecutó en 3 años.

Este método trabaja con duraciones de actividades estimadas, es decir, trabaja con probabilidades y determinará en consecuencia, la probabilidad de terminar el trabajo en un tiempo determinado. En la Ilustración 2-6 se puede observar el primer lanzamiento de misiles Polaris realizado por el submarino balístico George Washington.



Ilustración 2-6 Lanzamiento de un misil, proyecto Polaris [9]

2.3.2 Puntos básicos de PERT Y CPM

A pesar de que cada uno de estos métodos utilicen una terminología determinada y la forma en la que establecen la duración de las actividades sean diferentes, ambos comparten los objetivos de planificar y controlar el proyecto. Además, ambos métodos tratarán de encontrar respuestas a una serie de preguntas en relación con las actividades que envuelven la ejecución del proyecto. A continuación, se formulan alguna de ellas:

¿Cuándo debemos empezar a planificar el proyecto?

¿Cuándo finalizará?

¿En qué orden?

¿Qué actividades provocarían un retraso global del proyecto en caso de realizarlas en un periodo de tiempo superior al establecido?

¿Qué retraso nos podemos permitir en cada tarea?

¿Cuál es la probabilidad de que el trabajo se termine en el tiempo fijado?

¿Existen suficientes recursos para terminar el proyecto en la fecha fijada?

Estas y muchas más preguntas serán respondidas gracias a estos métodos de dirección de proyectos y como consecuencia de la forma de operar en la que se basan. [5]

Además, existen una serie de pasos que siguen ambos métodos desde el punto de vista de construcción y utilización de la red, estas etapas vienen descritas en la Tabla 2-1:

-
- 1º- Definir el proyecto, hacer una lista de las actividades que están involucradas en el proyecto y establecer un plan de trabajo desagregado.
 - 2º- Establecer precedencias.
 - 3º- Dibujar el grafo.
 - 4º- Asignar duraciones a las actividades.
 - 5º- Calcular las duraciones y el camino crítico del proyecto.
 - 6º- Uso de la red aprovechando toda la información que nos brinda.
-

Tabla 2-1 Puntos comunes básicos de PERT y CPM [5]

Del mismo modo, se pueden establecer una serie de principios inquebrantables que deben ser respetados durante la construcción del grafo. Estos principios son los siguientes:

Principio de designación sucesiva: Este principio deja estrictamente claro que un nodo no se numerará hasta que los nodos previos a él hayan sido numerados. Es decir, hasta que todos los nodos previos, cuyas flechas llegan al nodo de estudio hayan sido numerados.

Principio de designación unívoca: Este principio no permite que en el proyecto existan más de una flecha que parta del mismo nodo y vayan al mismo destino.

Principio de unicidad del estado inicial y del estado final: Principio que exige la existencia de únicamente un único nodo de inicio y uno de finalización del proyecto.

2.3.3 Diagramas de red y tipos de prelación

Como bien hemos visto en el apartado anterior, el primer paso a la hora de aplicar cualquiera de los dos métodos, es el de definir el proyecto, se realizará un listado incluyendo todas las actividades que son realizadas en el transcurso de la vida de construcción de la obra. Este listado no estará ordenado por orden de ejecución ni por relación con la actividad superior, únicamente nombrará las tareas.

En segundo lugar, se establecerán las precedencias existentes entre las actividades, esta tarea no será sencilla, de hecho, requerirá un estudio previo y exhaustivo de cada una de las actividades para poder establecer el tipo de prelación existente entre dos o más actividades. Se distinguen tres tipos elementales de prelación: [10]

Prelaciones lineales: son aquellas que se establecen cuando se quiere indicar que la actividad no comienza hasta que haya finalizado la anterior. B no comienza hasta que A haya finalizado. Se puede observar un ejemplo de prelación lineal en la Figura 2-1.

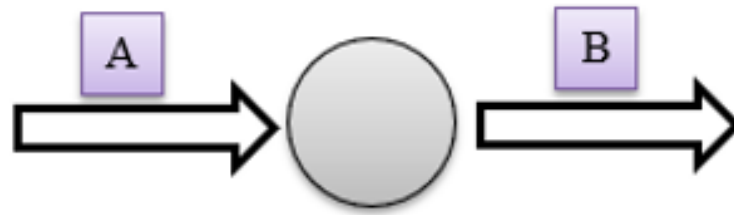


Figura 2-1 Precedencia lineal AOA [Autoría propia]

Prelaciones de convergencia: son aquellas relaciones que se establecen en actividades que para que se realicen, se deben de haber realizado todas las anteriores. C no comienza si A y B no han finalizado. Se puede observar un caso de precedencia de convergencia en la Figura 2-2.

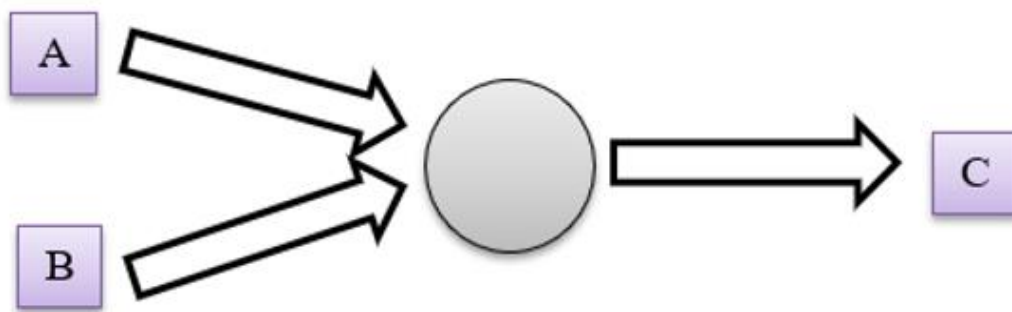


Figura 2-2 Precedencia de convergencia AOA [Autoría propia]

Prelaciones de divergencia: este tipo de relación de precedencia se establece cuando la finalización de una actividad ocasiona que se produzcan los inicios de más de una tarea. Una vez finalice A, se producirá el comienzo de B y C al mismo tiempo. Se puede observar un caso de precedencia de divergencia en la Figura 2-3.

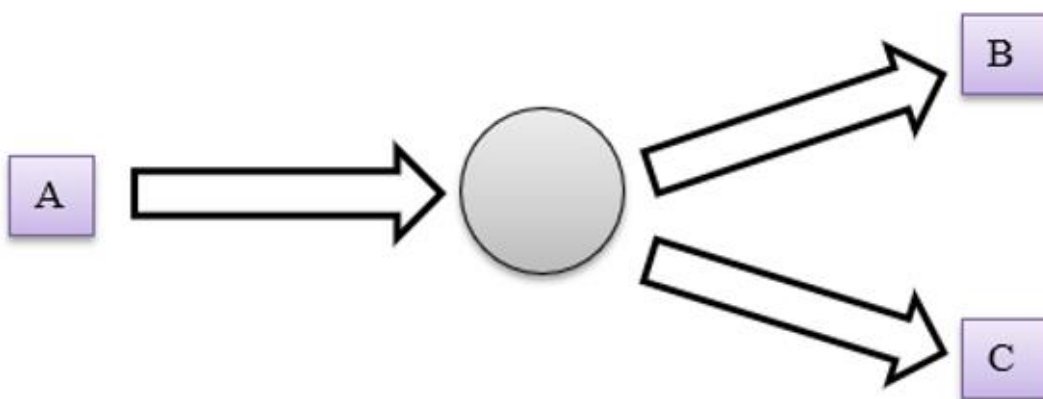


Figura 2-3 Precedencia de divergencia AOA [Autoría propia]

Prelaciones de convergencia-divergencia: este caso de relación de actividades se define como una combinación de las dos anteriores indicando que para que comiencen un grupo de actividades es necesario que finalice otro conjunto de tareas. Se puede observar este tipo de prelación en la Figura 2-4.

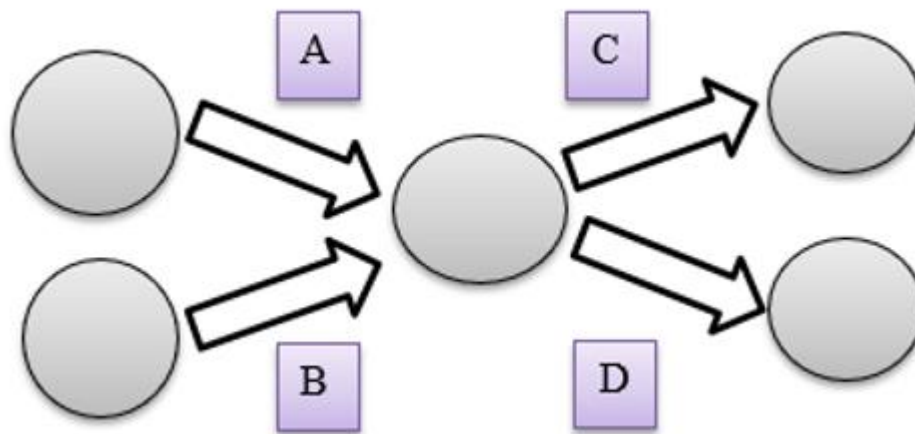


Figura 2-4 Precedencias convergencia-divergencia [Autoría propia]

Toda esta información concerniente a la relación existente entre dos o más actividades puede encontrarse plasmada en una matriz de encadenamientos o en un cuadro de prelación.

En el primer caso, se podrá observar que la matriz es cuadrada, donde el número de filas y columnas corresponde con el número de actividades del proyecto. Si en esta matriz existe una (x) querrá decir que la actividad correspondiente a la fila no podrá comenzar hasta que las actividades correspondientes en las columnas no hayan finalizado.

El segundo caso es el caso más habitual donde encontramos una tabla formada por dos columnas. En la primera columna serán introducidas las actividades que conforman el proyecto y en la segunda columna se encontrarán las actividades precedentes.

Una vez establecidas estas precedencias tenemos que elegir uno de los dos métodos que tenemos para representar la red, son equivalentes, sin embargo, cada uno de ellos contará con un tipo particular de representación.

2.3.3.1 Actividad en flechas

También denominada actividad en arcos (AOA), en esta representación las flechas significarán tareas y los nodos representan el momento de inicio y finalización de esa tarea. En determinadas ocasiones debido a este método de construcción de redes, pueden surgir una serie de problemas que describiremos a continuación:

El primer problema lo encontramos a la hora de representar actividades en las que existan una relación de precedencia lineal y una de convergencia o divergencia. Para resolver este tipo de problemas utilizamos las denominadas actividades ficticias. Estas actividades no tienen ningún coste ni duración, simplemente se utilizan para poder representar el grafo de una manera correcta.

El segundo problema lo encontramos en la representación de actividades paralelas. En este caso, para evitar incurrir en la representación de un grafo, que estaría en contraposición del principio de designación unívoca, se vuelven a utilizar las actividades ficticias.

En la Figura 2-5 vienen representados tanto los errores de los que hemos hablado, como las soluciones que habría que realizar mediante la aplicación de actividades ficticias representadas con (-).

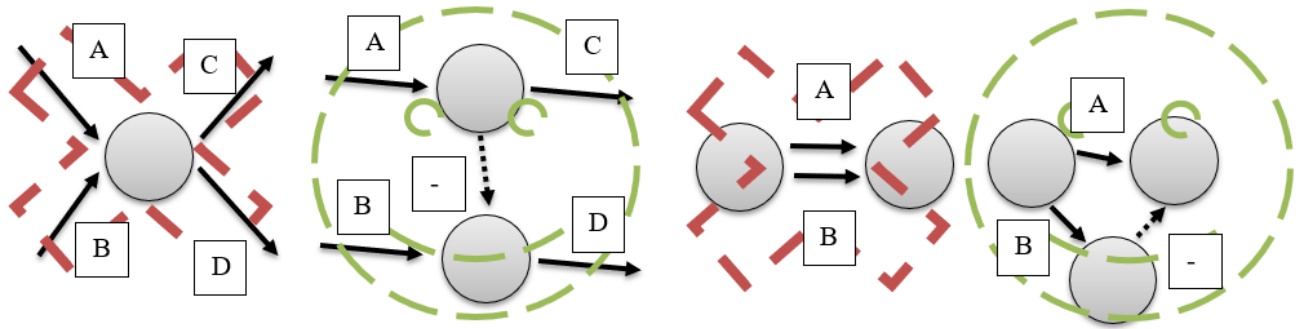


Figura 2-5 Problemas y soluciones de las actividades en flecha [Autoría propia]

Las dos primeras representaciones corresponderán a actividades en las que existe una precedencia lineal al principio y una divergencia la continua.

Las siguientes dos representaciones mostrarían la incorrecta y adecuada representación del grafo, en el caso de actividades paralelas. [10]

2.3.3.2 Actividad en nodos

Conocido también con el nombre de actividad en vértices (AON), se caracterizan porque los nodos en esta representación serían las tareas y las flechas mostrarían simplemente un estado. Este tipo de representación es el más utilizado ya que no presenta los problemas que hemos descrito en el apartado anterior y será por consiguiente el que se utilice en el presente trabajo.

2.3.4 Estudio del tiempo de ejecución de cada tarea

Una vez llegados a este punto, la siguiente misión fundamental será la de asignación de los instantes de inicio y finalización de cada actividad. El objetivo de esta etapa será el de encontrar el camino crítico (CPM) del proyecto, es decir, aquel grupo de actividades cuyo retraso implicaría un retraso global del proyecto y que en ocasiones no nos podremos permitir.

En la Figura 2-6 se puede observar la representación de un nodo. Como se puede apreciar, la representación de esta figura incluye 5 números que representarían instantes de tiempo y una letra.

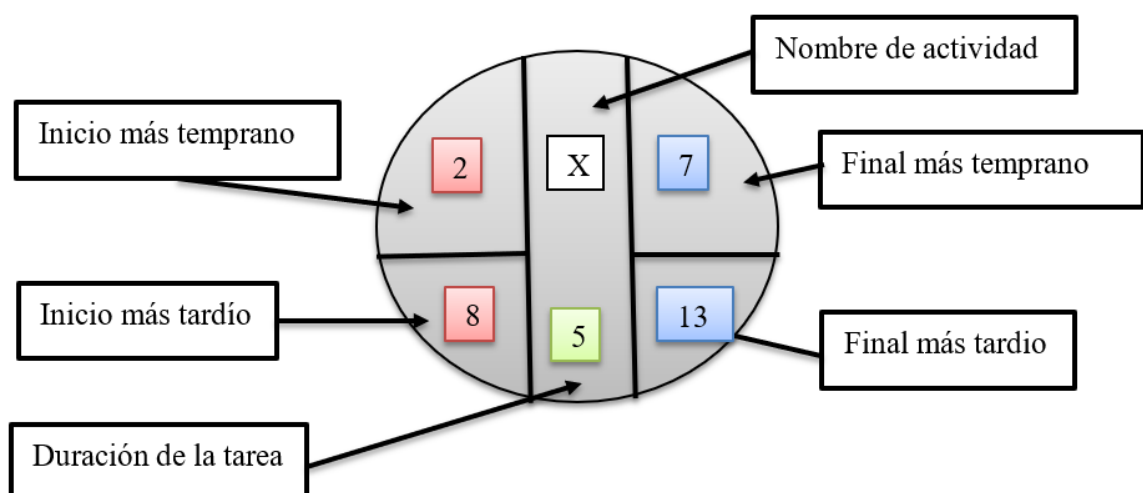


Figura 2-6 Análisis de un nodo [Autoría propia]

Analizando más detalladamente el nodo y los números que engloba obtenemos las siguientes definiciones:

Nombre de la tarea: Corresponde a el nombre de la tarea que se realiza en el nodo.

Inicio más temprano (IMTE): Marcará el instante de tiempo más temprano en el que se podrá comenzar la actividad, en ocasiones lo referenciaremos con las letras ES.

Inicio más tardío (IMTA): Marcará el instante de tiempo más tardío en el que se comenzará la tarea, también representado con las siglas EF.

Final más temprano (FMTE): Se denomina al instante de tiempo más temprano de finalización de la actividad, también lo nombraremos con las siglas LS.

Final más tardío (FMTA): Instante de tiempo más tarde en el que finalizará una actividad. También conocido con las siglas LF.

Duración de la tarea: Este valor será calculado mediante un análisis probabilístico (PERT), o será un valor exacto (CPM), esta cuestión se abordará en los apartados sucesivos.

Con el objetivo de hallar estos valores, es necesario realizar una serie de programaciones en dos sentidos. En primer lugar, a partir del instante inicial de comienzo del proyecto se programará hacia delante y una vez se complete comenzaremos con la programación hacia atrás, a continuación, se describirán ambos procesos.

2.3.4.1 Programación hacia delante

Este tipo de programación será con el que empecemos a asignar los instantes de tiempos de comienzo (IMTE) Y final (FMTE) más tempranos. Para ello, es necesario conocer la duración de las diferentes tareas y es necesario que se apliquen dos reglas básicas.

La primera regla expone que si una actividad (un nodo) solamente tiene una predecesora. El instante de tiempo de inicio más temprano de ese nodo, coincidirá con el final más temprano de inicio del nodo predecesor.

La segunda regla muestra que si una actividad (un nodo), tiene más de una predecesora. Para determinar el inicio más temprano de esta actividad, será seleccionado el valor más alto del final más tardío de todas las predecesoras de la tarea a determinar.

En la Figura 2-7 se muestran los valores que son obtenidos en la programación hacia delante, donde:

$$FMTE = IMTE + \text{Duración de la actividad}; W = X + Y;$$

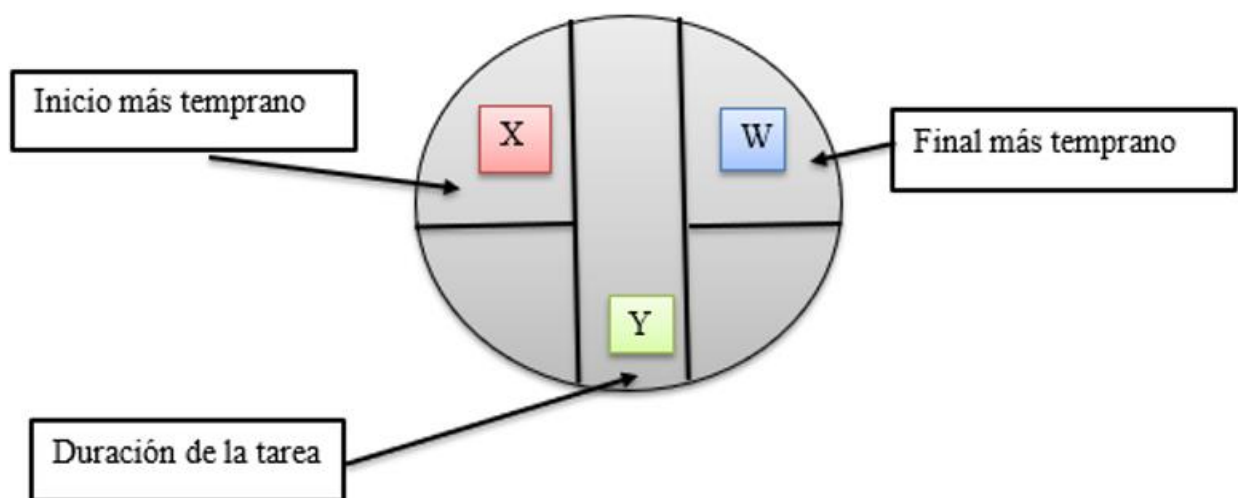


Figura 2-7 Programación hacia delante [Autoría propia]

Una vez calculados estos dos instantes ES y EF de todas las actividades del proyecto, pasaremos a realizar la segunda programación. [5]

2.3.4.2 Programación hacia atrás

Este tipo de programación se caracteriza por partir desde la tarea que marca el fin del proyecto y comenzar a ir calculando los finales más tardíos e inicios más tardíos de todo el conjunto de tareas del proyecto. Recordando siempre que el proceso irá desde el final hacia el principio. Para ello, es necesario seguir las reglas que se definen a continuación:

La primera regla consistirá en que si únicamente la tarea (nodo) de estudio, tiene una única tarea posterior. El final más tardío de esta actividad de estudio coincidirá con el inicio más tardío de la tarea posterior que hemos mencionado.

La segunda regla expone que si una actividad tiene más de una actividad inmediata que la sigue. El instante de tiempo denominado final más tardío de ese nodo, será el mínimo de los posibles valores de inicio más tardío de las actividades que le prosiguen.

$IMTA = FMTA - \text{Duración de la actividad}; D = B - Y;$

En la Figura 2-8, se representan los valores que son obtenidos en este tipo de programación.

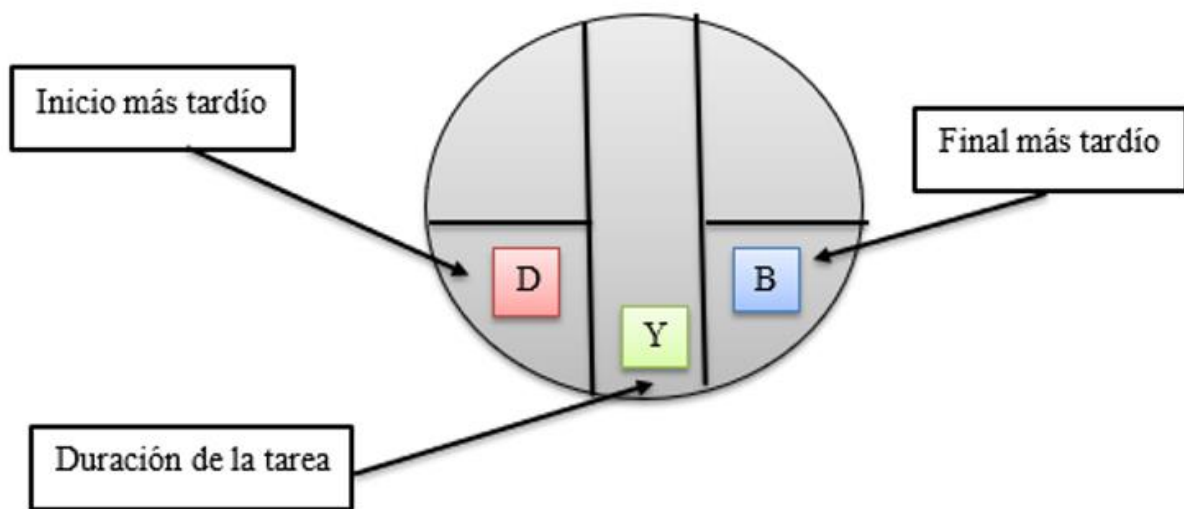


Figura 2-8 Programación hacia atrás [Autoría propia]

Una vez se hayan obtenido estos valores ya tendremos conocimiento de todos los instantes de inicio y final de las diferentes actividades de nuestro proyecto. [7] [10]

2.3.4.3 Cálculo de tiempos de holgura e identificación del camino crítico

La determinación del camino crítico será la próxima actividad que tendremos que determinar en nuestro proyecto. Para ello, será necesario calcular el tiempo de holgura de las actividades que conforman el proyecto en su totalidad.

Antes de pasar a un caso práctico donde se calcularán las holguras libres y totales, se hace necesario la definición del concepto de holgura.

La holgura de una tarea se puede definir como el intervalo de tiempo que puede demorarse la realización de esa actividad, sin causar un retraso en la duración total del proyecto. Este intervalo de tiempo se conoce con el nombre de holgura y podemos determinarla conforme a la ecuación siguiente:

$$HOLGURA = FMTA - FMTE = IMTA - IMTE$$

Es decir, el valor de tiempo denominado holgura será el resultado de restar el final más tardío de una actividad con su final más temprano. Este valor será equivalente al que obtenemos si restamos el inicio más tardío de la tarea con su inicio más temprano. En una red de nodos, podremos identificar

dos tipos de holguras: Aquellas que son compartidas entre varias actividades (holguras totales), y aquellas que por el contrario son particulares de cada actividad y no afectan a otras tareas (holguras libres).

Del mismo modo, existirán una serie de tareas en el proyecto que posean una holgura igual a cero, serán las denominadas actividades críticas. Estos casos se darán debido a que son actividades que conforman el camino crítico del proyecto y que por consiguiente su retraso implicaría el retraso global de todo el proyecto. A continuación, en la Figura 2-9, se expone un ejemplo donde será determinada la holgura libre, total y camino crítico del conjunto.

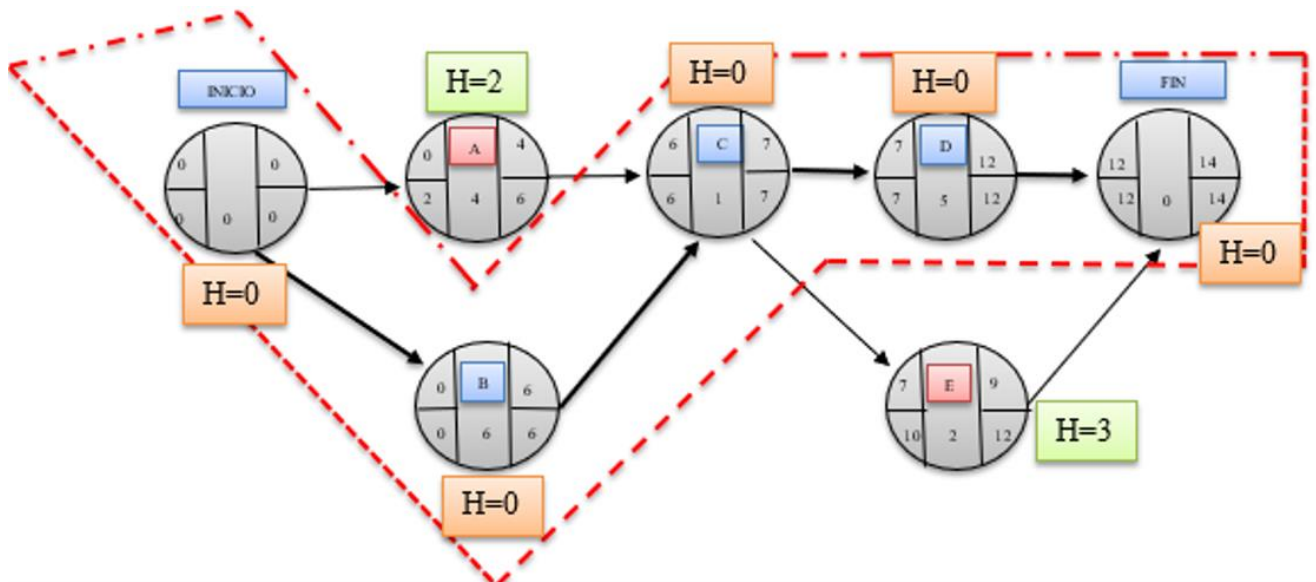


Figura 2-9 Ejemplo de cálculo de holguras [Autoría propia]

En este ejemplo se puede observar que el camino crítico (representado por las líneas discontinuas), es aquel cuyas holguras de sus actividades es igual a cero. Así mismo, se puede observar que existen 2 tareas (A y E) cuyas holguras son de 2 y 3 unidades de tiempo. En concreto se trata del tipo de holgura libre, ya que a pesar de que se produzca este retraso en ambas actividades, no afecta al tiempo de holgura de ninguna otra actividad. En el caso en el que afectase se llamaría holgura total. [5]

2.3.5 Diferencias básicas entre los métodos PERT y CPM

Una vez se han definido los objetivos del proyecto, realizado un listado con las actividades involucradas en la puesta en marcha y desarrollo del proyecto, establecido las precedencias, dibujado el grafo y realizado el cálculo de los instantes de inicio y finalización de las actividades, nace la necesidad de establecer las diferencias entre los métodos PERT y CPM que hasta el momento no se han nombrado.

La principal diferencia que existe entre estos dos métodos es la asignación de tiempos a las actividades. En los apartados anteriores se han establecido tiempos exactos para facilitar cálculos, sin embargo, esto solo se realizará cuando se aplique el método CPM. En el caso de aplicar el método PERT, se determinarán tres tiempos diferentes:

Un tiempo optimista, ya que se establecerá un tiempo de finalización optimista de ejecución de la actividad. Se trata del tiempo más corto posible, que ocurrirá en el caso en que la tarea se complete con eficacia y a la perfección.

Un tiempo pesimista, se establecerá un tiempo de finalización pesimista de ejecución de la tarea. se trata del tiempo más largo posible, que ocurrirá en el caso en que la tarea se desarrolle con problemas y retrasos en su ejecución.

Una duración realista, que será el tiempo más probable de ejecución de una tarea.

Con estos tres tiempos se determinará probabilísticamente un tiempo estimado de finalización de la actividad, duración que seguirá la fórmula siguiente:

$$E(d) = \frac{t_o + 4t_m + t_p}{6}$$

Este caso probabilístico es el caso más normal, ya que es muy difícil establecer la duración exacta de las actividades. [10]

2.3.6 Variabilidad en la duración de las actividades con el método PERT

Como se ha descrito anteriormente, la duración de la determinación de las diferentes actividades en el método PERT, se realizará con la estimación de un valor optimista, uno pesimista y uno que es el más probable, todas ellas determinadas subjetivamente por parte del experto. Profundizando algo más en estas estimaciones, llegamos al tipo de distribución que siguen estos valores, que es la distribución Beta.

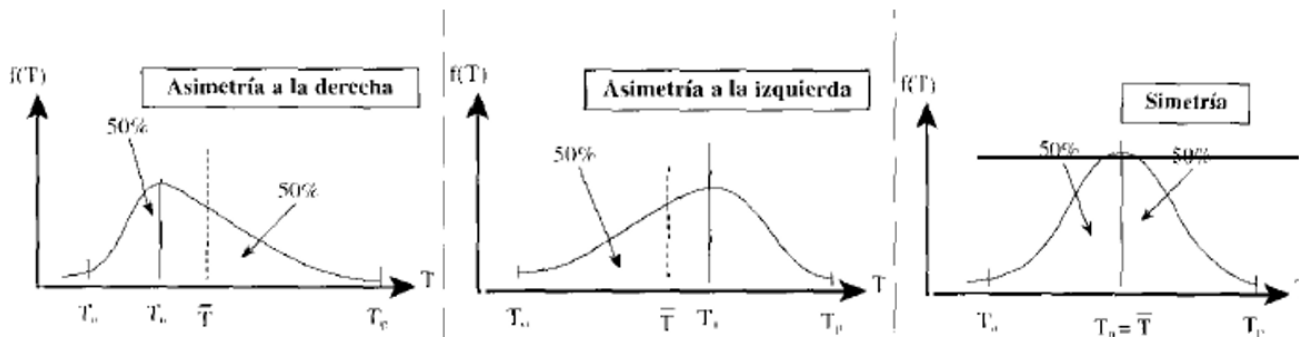


Ilustración 2-7 Distribución Beta [7]

No se va a proceder a explicar las particulares de este tipo de distribución de una forma minuciosa, debido a que no es el propósito del presente trabajo. Sin embargo, sí que podemos observar en la Ilustración 2-7, que el tipo de distribución a partir del cual obtengamos los resultados podrá ser simétrica o asimétrica. Se encuentra limitada entre dos valores: el tiempo optimista (T_o) y el tiempo pesimista (T_p), alcanzando el valor máximo en el tiempo más probable de realización de la tarea (T_m). Es por ello por lo que la función de la estimación de la duración puede ser formulada tal y como aparece a continuación. [7]

$$E(t) = \frac{T_o + (p + q) \cdot T_m + T_p}{p + q + 2}$$

En donde se debe determinar el valor de los parámetros $p+q$. En el caso en que quisiésemos aportar la máxima incertidumbre el valor sería de $p=1$ y $q=1$, por el contrario, nuestro objetivo es mantener el esfuerzo realizado por el experto que nos determinó m . Por tanto, mediante una serie de comparaciones con el modelo de distribución triangular podemos asignar el valor $p+q=4$. [11]

$$E(t) = \frac{T_o + 4 \cdot T_m + T_p}{6}$$

Del mismo modo ocurre con un término que no se había introducido hasta el momento, la varianza de las actividades y del proyecto global. Se trata de un concepto introducido en el sector estadístico con el fin de identificar a la media de las desviaciones cuadráticas de una variable de carácter aleatorio [12],

considerando el valor medio de ésta donde por motivos prácticos, a los parámetros $\frac{(p+1) \cdot (q+1)}{p+q+3}$ le damos valor 1, y obtenemos las siguientes ecuaciones:

$$\sigma^2 = \left(\frac{T_p - T_o}{p+q+2} \right)^2 \times \frac{(p+1) \cdot (q+1)}{p+q+3}$$

$$\sigma^2 = \left(\frac{T_p - T_o}{6} \right)^2 [7]$$

2.3.7 Probabilidad de finalización de un proyecto

Una vez analizados todos los aspectos concernientes a las duraciones de las actividades de los métodos PERT. Nos planteamos otro tipo de preguntas dentro del ámbito de las probabilidades. Una de ellas será la de saber si el proyecto finaliza o no en tiempo. Para ello, es necesario citar, que la probabilidad de finalización del proyecto en un momento determinado viene determinada por una distribución del tipo normal, además cabe reseñar que la duración de las actividades que hemos determinado en los apartados anteriores, se consideran independientes desde un punto de vista estadístico. [5]

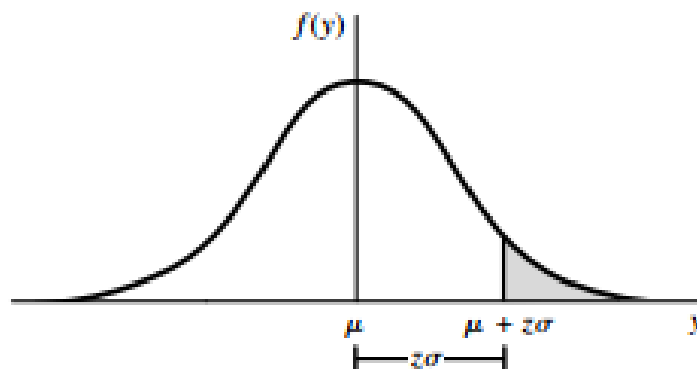


Ilustración 2-8 Área tabulada para la función de densidad normal [13]

En la Ilustración 2-8, se puede observar una gráfica que sigue el tipo de distribución descrito anteriormente. Este tipo de gráficas se caracteriza por tener forma de campana, y que tanto a la derecha como a la izquierda del valor medio (μ) la probabilidad es de un 50%.

El procedimiento para calcular la probabilidad de que un trabajo se complete a tiempo es el siguiente:

En un primer lugar, se calcula el valor medio (μ), seguidamente se calcula el número de desviaciones estándar existentes entre la fecha a la que queremos presentar el proyecto y la fecha media (μ), este término se representa mediante (Z) y se calcula:

$$Z = \frac{(\text{fecha que se quiere terminar el proyecto} - \text{fecha de finalización } (\mu))}{\sigma_{\text{Proyecto}}}$$

Una vez se determine este valor, nos dirigiremos a la tabla correspondiente de la distribución normal y encontraremos la probabilidad asociada a nuestro caso. Utilizando esta gráfica (recogida en el Anexo II: Distribución normal), el empresario podrá saber cuáles son las diferentes probabilidades de finalización de los proyectos. Es esencial que además de prestar atención a aquellas actividades que formen parte del camino crítico, se tengan en cuenta aquellas actividades que posean una varianza alta, ya que podrían retrasar el proyecto. [13]

2.3.8 Ventajas y limitaciones de los métodos PERT y CPM

Una vez estudiados ambos métodos, podemos determinar una serie de limitaciones y ventajas que bien comparten ambos métodos o que por el contrario es característica particular de uno de ellos. Estas particularidades se encuentran recogidas en la Tabla 2-2 y la Tabla 2-3:

Ventajas de los métodos PERT y CPM

- 1º- Ambos se tratan de métodos útiles para gestionar proyectos con un elevado número de tareas.
- 2º- Se puede aplicar a numerosos sectores tanto civiles como militares.
- 3º Gracias a el análisis del camino crítico es posible determinar aquellas actividades de vital importancia, cuyo retraso provocaría la no ejecución del proyecto en tiempo.
- 4º- Gráficamente, gracias a las redes de diagramas, es posible ver la dependencia existente entre las diferentes actividades de una forma simple y rápida.
- 5º- Se trata de un método sencillo que no posee dificultad en sus cálculos.
- 6º- Nos permite visualizar en cualquier momento el progreso del trabajo que llevamos.
- 7º- Nos permite establecer una probabilidad de finalización del proyecto en un plazo determinado, mediante la gráfica de distribución normal.

Tabla 2-2 Ventajas de los métodos PERT y CPM [5]

Limitaciones y desventajas de los métodos PERT y CPM

- 1º- En ambos métodos es necesario listar todas las actividades que intervendrán en el proyecto.
- 2º-Una limitación particular del método CPM es que trabaja en ambientes donde la incertidumbre es mínima, esto quiere decir que este método será de utilidad en aquellos casos en los que las actividades sean muy conocidas y se sepan con exactitud los tiempos de ejecución de estas.
- 3º- Una limitación particular del método PERT es que la estimación de la duración de las actividades es relativamente subjetiva ya que son determinadas por un experto, del mismo modo se utiliza la distribución beta asignando una serie de parámetros aproximados (p y q).
- 4º- Deben estar especificadas todas las precedencias relativas al proyecto, ya que influirán de gran manera en el comienzo y fin de actividades.
- 5º- Posibles fallos en cálculos, ocasionados por los cálculos manuales.

Tabla 2-3 Limitaciones y desventajas de los métodos PERT y CPM [5] [14]

2.4 Metodologías ágiles de gestión de proyectos

A pesar de que el objeto de este proyecto era el de analizar los métodos PERT y CPM, actualmente existen otros gestores y controladores de proyectos, que, al contrario de los expuestos en los apartados anteriores, se basan en el control de otro tipo de parámetros, como son los recursos humanos y el desarrollo del software utilizado, estas serán algunas de las cuestiones que las metodologías ágiles tratarán de priorizar.

El origen de estos nuevos métodos lo podremos remontar a Utah (Estados Unidos), ya que en 2001 se celebró una reunión que agrupó a numerosos expertos del sector del software con el objetivo de determinar los principios básicos de desarrollo de un software, que fuese capaz de adaptarse con eficiencia al ambiente de cambio al que se encontraban sometidos algunos proyectos. Con motivo de esta reunión se formó el denominado “The Agile Alliance” y se establecieron los 12 principios de esta nueva metodología en lo que se denominaría el Manifiesto ágil. [15] [16]

2.4.1 Manifiesto ágil

El objetivo de este manifiesto reside en la elaboración de una serie de principios que sienten las bases de la creación rápida de softwares en equipos. Con esto se pretende llevar este tipo nuevo de metodologías al mismo nivel que los métodos tradicionales.

La formulación de los 12 principios de este manifiesto se hizo a partir de una serie de valores ya definidos. Estos cuatro valores son mostrados junto a los 17 expertos que formularon el manifiesto ágil de la industria del software en la Ilustración 2-9 Valores del Manifiesto ágil . [17]



Ilustración 2-9 Valores del Manifiesto ágil [17]

Como se puede observar, los valores que esta nueva metodología tendrá en cuenta serán:

En primer lugar, el individuo e interacciones por encima de los procesos y herramientas. Al contrario que las metodologías tradicionales que priorizaban el conocimiento de las tareas a realizar y la asignación de un determinado número de recursos. Este primer valor, ya prioriza el equipo y las interacciones entre ellos, ya que sin el trabajo en equipo el éxito nunca podrá estar asegurado. Del mismo modo, la elección de unas herramientas correctas, van a mejorar el rendimiento del conjunto, pero en ocasiones puede que no sean necesarias y estén siendo desperdiciadas.

En segundo lugar, software funcionando sobre documentación extensiva. Es evidente la necesidad de la elaboración de una serie de documentos para permitir el desarrollo del software, sin embargo, este valor va un paso más allá. Lo que quiere expresar es que la prioridad de la organización será el funcionamiento del software producido y no el de elaborar una cantidad de documentos de gran extensión, sin que sean estrictamente necesarios.

El tercer valor prioriza la colaboración del cliente sobre una negociación contractual. La relación que debe existir entre la organización responsable del proyecto y el cliente debe ser continua, esta relación de complicidad será la que marque el ritmo del proyecto.

El cuarto y último valor, respuesta ante el cambio sobre seguir un plan. Este será uno de los puntos más destacados en los que se apoyen las metodologías ágiles. Los softwares desarrollados serán capaces de adaptarse al cambio con una gran facilidad en comparación con los métodos tradicionales, los cuáles, tienen una serie de planes establecidos relativamente fijos o poco flexibles. Esto aportará a la organización, una ventaja operativa más que notable en el sector de programación de proyectos. [18] [19]

A partir de estos valores se definen los 12 principios del manifiesto, los cuales, son nombrados por (Kent et al.,2001):

La prioridad es satisfacer al cliente mediante tempranas y continuas entregas de software que le aporte un valor.

Dar la bienvenida a los cambios. Se capturan los cambios para que el cliente tenga una ventaja competitiva.

Entregar frecuentemente software que funcione desde un par de semanas a un par de meses, con el menor intervalo de tiempo posible entre entregas.

La gente del negocio y los desarrolladores deben trabajar juntos a lo largo del proyecto.

Construir el proyecto en torno a individuos motivados.

El diálogo cara a cara es el método más eficiente y efectivo para comunicar información dentro de un equipo de desarrollo.

El software que funciona es la medida principal de progreso.

Los procesos ágiles promueven un desarrollo sostenible.

La atención continua a la calidad técnica y al buen diseño mejora la agilidad.

La simplicidad es esencial.

Las mejores arquitecturas, requisitos y diseños surgen de los equipos organizados por sí mismos.

En intervalos regulares, el equipo reflexiona respecto a cómo llegar a ser más efectivo, y según esto ajusta su comportamiento. [18]

En resumen, con la aparición de estas nuevas metodologías, lo que se busca es dejar el modelo predictivo en el que se basaban las antiguas técnicas de programación y pasar a un nuevo método que sea capaz de adaptarse a la situación cambiante del entorno.

A continuación, se analizarán de forma breve y concisa algunas de las características más reseñables de las metodologías ágiles más utilizadas, pero antes de abordar este tema, cabe destacar que cada una de ellas se caracteriza por cumplir con los 12 principios del Manifiesto ágil, además de por poseer una serie de características particulares que las diferencian de las demás.

2.4.2 Scrum

Este modelo fue desarrollado a comienzos de los años 90, por Ken Schwaber y Jeff Sutherland y es utilizado a nivel mundial en el sector de la gestión de proyectos por un gran número de organizaciones. Scrum ha ido sufriendo a lo largo de estos años una serie de modificaciones, sin embargo, su esencia se ha mantenido constante a lo largo de todo este tiempo.

Su característica básica es que se trata de un marco de trabajo (framework) y no un tipo de metodología, esto quiere decir que scrum proporciona una disposición determinada al usuario, el cuál será capaz de construir y aplicar una serie de técnicas particulares para dar solución a un problema de mucha complejidad de una forma relativamente sencilla. Además, Scrum sienta sus bases en la teoría filosófica conocida con el nombre de empirismo, teoría que expone que la adquisición del

conocimiento se realizará a través de la experiencia. Al igual que el empirismo, scrum se caracterizará por:

La transparencia que se ofrecerá en todo el proyecto y permitirá a la dirección de proyectos observar el proceso que va siguiendo el proyecto.

La inspección, ya que en el momento en el que se produzca una variación inadmisible del proceso, este pueda ser detectado y corregido eficazmente.

La adaptación, principio básico del manifiesto ágil. Scrum será capaz de adaptarse a cambios que puedan afectar al desarrollo del proyecto. [20] [21]

2.4.2.1 Conceptos básicos de Scrum

A continuación, se exponen de forma breve dos de los conceptos más importantes que scrum introduce en su marco de trabajo:

En primer lugar, podemos nombrar el concepto de scrum master, se trata de la persona en la que recae la responsabilidad de que se ejecute el proyecto con las pautas y normas determinadas. Es quien organizará las reuniones entre el equipo de trabajo y actuará de administrador del proyecto. Del mismo modo, una de sus funciones más destacables que desempeña será la de organizar las características del producto o servicio a realizar (Product Backlog). [22]

En segundo lugar, el concepto de Sprint, ya que, en este marco de trabajo, un sprint equivaldrá a un evento principal. Su duración máxima será de 30 días y su retraso nos puede indicar que el proyecto no está cumpliendo con lo establecido. Para la realización de uno de ellos, será necesario realizar una serie de etapas que se muestran en la Figura 2-10:

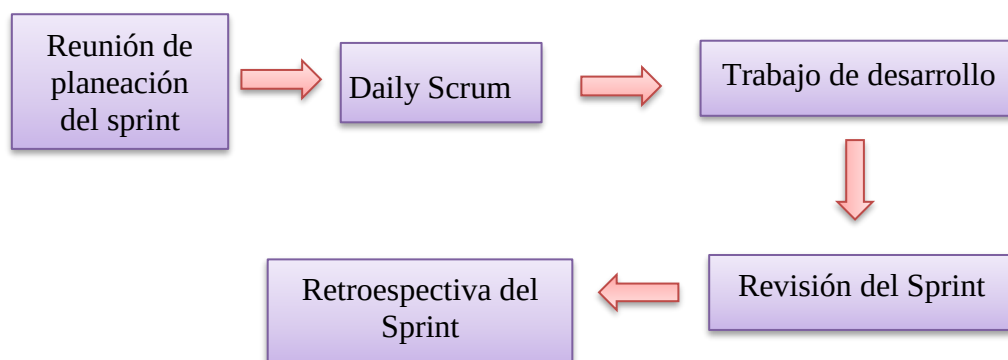


Figura 2-10 Etapas de un Sprint [Autoría propia]

Además de muchos otros conceptos introducidos por scrum que no se detallarán a explicar, tales como el product backlog, Sprint Backlog o el monitoreo de progreso, que podremos encontrar perfectamente explicados en la guía definitiva de scrum [20].

Como resumen, podemos decir que, al hablar de scrum, nos estamos refiriendo no exactamente a una metodología sino a un marco de trabajo orientado al producto. Caracterizándose, por las diferentes iteraciones que se producen en el sistema con el objetivo de obtener pequeños fragmentos del trabajo. La agrupación de estos pequeños fragmentos es lo que conformará el total del proyecto. [23]

Scrum tratará de sacar el máximo rendimiento del equipo, reduciendo en la medida de lo posible la burocracia existente en el proyecto y las tareas que no se consideren que son útiles para producir el software. Con todo ello, proporcionará a la organización una enorme flexibilidad a cambios, los riesgos serán reducidos, la calidad del software producido será mayor y por último la productividad se verá aumentada. [24]

2.4.3 *Extreme Programming (XP)*

Extreme programming (XP) fue desarrollado a finales de los años 90, esta metodología comparte los valores y principios descritos en el manifiesto ágil y junto a scrum lideran el sector de desarrollo de softwares.

XP fue creado por Kent Beck con el objeto de que fuese capaz de operar en proyectos donde el grado de incertidumbre existente fuese alto. Además, establece sus principios en torno a 5 valores: Simplicidad, Coraje, respeto y realimentación. [25]

Del mismo modo, el ciclo de vida del proyecto gestionado por Extreme Programming, puede ser dividido en las siguientes 5 fases:

Exploración: Es la fase encargada de estimar las características básicas del software a elaborar o servicio a ofrecer por la organización de cara a la primera entrega.

Planeación de la entrega: Consiste en el acuerdo realizado por el cliente y el equipo de dirección para establecer las fechas y los requisitos que se quieren llevar a cabo. El cliente establece sus prioridades respecto a los requisitos del software y los programadores se encargan de determinar el número de recursos necesarios para poder realizarlo.

Iteraciones: Repeticiones que se van realizando sobre el sistema con el objetivo de establecer su arquitectura e ir implementando requisitos.

Producción: Proceso en el que se termina de detallar el sistema y se pone en funcionamiento.

Mantenimiento: Proceso continuo que consiste en resolver los problemas que vayan ocurriendo en el sistema y tratar de establecer mejoras para reducir costes. [22]

Básicamente, Extreme Programming se caracteriza por poseer una comunicación fluida entre todos los miembros del equipo, una búsqueda del diseño simple antes que el complejo, realizar entregas continuas pero pequeñas, la introducción del trabajo en parejas (gracias a esto, numerosos errores a la hora de escribir el código, serán evitados), la utilización de unos estándares de programación entre los programadores, con el objetivo de obtener un código que sea positivamente reconocido por cualquier miembro del equipo y la interacción continua del cliente. [18] [26]

2.4.4 *Metodología Kanban*

Antes de comenzar con la explicación de este tipo de metodología, es necesario explicar el origen de la palabra Kanban. Esta palabra procede de la combinación de dos palabras japonesas: kan (visual) y ban (tarjeta). De hecho, una vez expliquemos este método de trabajo, podremos observar como estas dos palabras pueden definir a la perfección la forma en que este tipo de metodologías va a operar.

Más concretamente, Kanban se caracteriza por permitir al director de operaciones saber qué tipo de actividades están provocando un atasco en la consecución del proyecto, además, proporcionará un modelo para llevar una correcta gestión del equipo de trabajo.

A continuación, se listan algunas de las características más importantes de esta metodología ágil:

En primer lugar, cabe mencionar que, en Kanban, todo aquel empleado que participe de forma activa en el desarrollo del proyecto tiene prohibido producir sin que le llegue la señal que está estipulada (tarjeta) u otra señal visual.

En segundo lugar, con Kanban lo que se pretende es lograr la filosofía del Just In Time (0 stocks), es decir, producir lo que se va a consumir, evitar excesos de producción, ya que lo único que producirían serían costes extra en nuestro proyecto.

Además, el objetivo principal que tiene es el de limitar el trabajo en curso, ya que, con esto, lo que se logra es aumentar la calidad del producto a desarrollar y disminuir el tiempo de servicio. [23]

Por otro lado, la puesta en marcha de esta metodología requerirá una serie de esfuerzos por parte de todo el personal. A continuación, se listan las fases que componen la implantación del sistema Kanban:

La fase 1 consistirá en introducir la mentalidad Kanban al personal que trabaja en el proyecto. Para ello será necesario que se expliquen los beneficios que vienen implícitos en esta metodología y todo el personal conozca los principios descritos anteriormente.

En la fase 2 se mantiene la formación del personal y además se comienzan a aplicar estas técnicas en aquellas actividades que generan un mayor número de problemas o atascos en su realización.

En la fase 3 se terminan de aplicar todas estas técnicas a el proyecto completo.

La última fase, la fase 4 corresponde con la revisión de la aplicación del Kanban en el proyecto. [26].

Un caso práctico de una aplicación eficiente de este tipo de técnicas, lo encontraríamos en la empresa Toyota. Esta empresa puso en práctica un nuevo método de producción que no se había visto hasta la fecha, método al que conocemos con el nombre de Lean Manufacturing. El objetivo de este nuevo sistema de producción no era otro que disminuir las pérdidas y desperdicios que se generan en la empresa. [27]

2.4.5 Metodologías ágiles vs. predictivas

Una vez analizadas las técnicas tradicionales como PERT y CPM y las metodologías ágiles más conocidas, como son Kanban, XP y Scrum en los apartados anteriores. Podemos llegar plantearnos cuál de ambos métodos es más eficiente a la hora de gestionar un proyecto.

Sin embargo, esta pregunta no tiene una respuesta clara y esto es debido a que las metodologías ágiles son utilizadas generalmente para la elaboración de softwares, es decir ambientes de gran incertidumbre y no para la gestión de una construcción u obra. Para este segundo caso, existirá documentación que la dirección de operaciones deberá de seguir de forma exhaustiva para la elaboración del proyecto, por consiguiente, estos trabajos tendrán que ser llevados a cabo por métodos tradicionales.

Las metodologías tradicionales se centrarán en el proceso que vamos a seguir para llevar a cabo todas las tareas que componen el proyecto, en la documentación existente de la obra y, por último, basarán todas sus acciones en una planificación previamente realizada. Las nuevas metodologías ágiles, nacen con el objetivo de priorizar los cambios e incertidumbre del proyecto, frente a la planificación de este. Con todo ello, lo que se logrará será un aumento de la flexibilidad del proyecto, reduciendo los posibles costes que acarrearían los cambios que se produjesen a lo largo del proyecto. Básicamente, lo que hace este tipo de metodologías es adaptarse a la situación mediante la descomposición del proyecto global en pequeños proyectos que se van completando mientras avanzamos en el tiempo. [28]

2.5 Gestión de proyectos por cadena crítica

Otro tipo de metodología que podemos encontrar a la hora de gestionar proyectos es la llamada Critical Chain Project Management (CCPM), esta metodología nació en 1997 con la publicación del libro Critical Chain publicado por Doctor en Física Eliyahu M. Goldratt. Es considerada una técnica de sencilla ejecución, y fue creada a partir de la teoría de las restricciones/limitaciones. Básicamente, el objetivo de estas técnicas consistirá en determinar cuál es la limitación del proyecto, es decir, donde se produce el cuello de botella del sistema, para posteriormente actuar sobre él. A continuación, se muestra en la Figura 2-11, las diferentes etapas que compondrían el proceso de actuación de la teoría de las restricciones: [29]



Figura 2-11 Principios de la TOC [29]

Como se puede observar, el objetivo de esta metodología es la de facilitar el flujo de proyectos del sistema. Del mismo modo, está establecido que en el caso en el que la limitación se rompa, se volverá directamente a plantear el paso 1 (búsqueda de los cuellos de botella del sistema).

2.5.1 Conceptos básicos de la CCPM

A continuación, se van a describir una serie de características propias de CCPM, con las cuáles queda perfectamente definida este tipo de metodología.

En primer lugar, cabe destacar la relación de dependencia existente entre las actividades que conforman el proyecto. Esta dependencia, en ocasiones provocará que los recursos que se encuentren compartidos entre varias actividades limiten la realización de una actividad en el tiempo establecido. Es decir, se puede dar el caso de que no sean suficientes los recursos de los que dispone la empresa para realizar un determinado número de actividades en el tiempo establecido.

En segundo lugar, la gran influencia del comportamiento humano, ya que existen numerosos estudios que muestran como el ser humano tiende a atrasar el comienzo de las actividades que tiene previsto empezar, este fenómeno es conocido con el nombre de *El síndrome del estudiante*. Además, lo más probable es que un trabajador deba enfrentarse a un conjunto de tareas a realizar. El orden que siga para enfrentarse a ellas y la ventana de tiempo que asigne a cada una, será un factor determinante que podrá ocasionar retrasos en la finalización de su conjunto.

En tercer lugar, el modelo de CCPM deberá ser sencillo y plasmará de forma simplificada el proyecto real.

Además, como hemos descrito anteriormente, la determinación de la cadena más larga se realizará teniendo en cuenta tanto las dependencias de las actividades como la de los recursos. Del mismo modo, se introducirán una serie de buffers de tiempo con el fin de dotar al proyecto una protección frente a posibles incertidumbres que se encuentren a lo largo de la realización de las diferentes actividades.

Por último, en el caso de los proyectos múltiples, la capacidad de hacer frente al proyecto global en el tiempo establecido por parte del sistema será determinado por el nivel de saturación que posea el recurso más cargado. Este se denominará con el nombre de DRUM, y todo el proyecto tendrá que ser abordado teniendo en cuenta la limitación que proporcionará este recurso. [29]

2.5.2 CCPM vs. metodología tradicional

La metodología tradicional provocó un avance significativo en la época, sin embargo, estos métodos fueron desarrollados en una etapa de la historia en la cual, los cálculos eran de muy compleja solución ya que no se disponían de computadores que fuesen capaz de dar solución a estos problemas de cálculo. Por este motivo estos métodos se pueden considerar que quedaron algo desfasados con respecto a estas CCPM que encontramos casi 20 años más tarde.

Una de las ventajas que proporcionará la metodología CCPM reside en que además de tener en cuenta la relación de dependencia existente entre las actividades, tiene en cuenta los recursos que se comparten entre todas las tareas del proyecto. Pudiendo esto último ocasionar una nueva ruta crítica no tenida en cuenta con los métodos PERT/CPM.

Del mismo modo, en la metodología clásica, el comportamiento humano no es considerado y se trata de uno de los factores más importantes a la hora de determinar el tiempo que será abarcado por una tarea. Tal y como enunció el británico Cyril Northcote Parkinson en 1957, en la Ley de Parkinson, *el trabajo se expande hasta llenar el tiempo disponible para que se termine* [30], es decir, el trabajador va a emplear todo el tiempo posible que pueda para la realización de una tarea, esto es por consecuencia contraproducente para la reducción de tiempos en el proyecto.

Por último y no menos importante, es de necesaria mención el concepto de multiproyecto. Actualmente, en el sector de la dirección de proyectos se considera muy extraño la gestión de proyectos individuales en los que no se realiza una gestión común de recursos compartidos entre varias obras. [29]

Básicamente, la gestión de proyectos tendrá por objeto gestionar de una forma más adecuada las incertidumbres relacionadas con los recursos de las tareas que compongan el proyecto global. [31]

2.6 Programas informáticos para gestionar proyectos

Actualmente, existen numerosos programas informáticos que nos permiten gestionar proyectos con un gran número de actividades, de una forma sencilla. Estos programas han sido desarrollados en las últimas décadas proporcionando un amplio abanico de actuación en el sector de la gestión de proyectos. Entre las ventajas que nos proporcionaran estas herramientas podemos destacar:

La facilidad para intercambiar información entre los miembros del equipo, pudiendo establecer alternativas de una forma sencilla.

El aumento de la capacidad de control de las actividades.

La posibilidad de compartir información importante del proyecto de una forma rápida y segura.

Poder visualizar si los recursos y tiempos que tenemos asignados para una determinada actividad son los necesarios.

Facilidad en la realización de cálculos para hallar la ruta que demorará más tiempo (crítica)...

En nuestro caso, el programa utilizado para gestionar el proyecto de construcción de la nave industrial será el Microsoft Project.

2.6.1 Microsoft Project

Al igual que en cualquier proyecto, los principales problemas a los que nos enfrentaremos a la hora de gestionar un proyecto con Microsoft serán en primer lugar, asignar los recursos adecuados a cada tarea, en segundo lugar, ser capaz de gestionar de manera correcta las incertidumbres de duración de tareas y, en tercer lugar, determinar el alcance del proyecto. A continuación, se van a describir las características principales que posee este programa, sin embargo, cabe mencionar que serán explicadas de una forma sencilla para después poder ser aplicadas al caso práctico.

De la misma forma que en un proyecto llevado a cabo de forma manual, cuando se utiliza este soporte informático, se deberán establecer una relación de vinculación entre las etapas que conformen el proyecto. Esta vinculación será del tipo Fin-comienzo, Comienzo-comienzo, Fin-fin o Comienzo-fin.

Analizando más detalladamente el programa, podemos reseñar que existen tres tipologías de recursos asignables a las tareas. En la Figura 2-12 se pueden observar un ejemplo de cada uno de ellos.

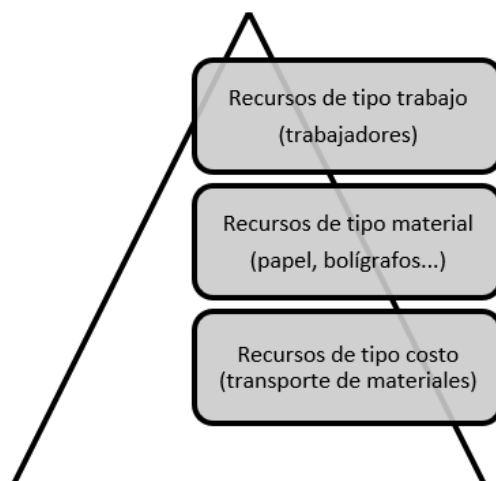


Figura 2-12 Tipologías de recursos asignables a las tareas [Autoría propia]

Estos recursos podrán ser asignados a una tarea de tres formas diferentes:

En primer lugar, haciendo doble clic en la tarea que se quiera asignar el recurso, seguidamente se abrirá la pestaña correspondiente a los recursos y tendremos la opción de introducirlo en el apartado de *información de la tarea*.

En segundo lugar, y la forma más sencilla, será introduciéndolo directamente en la columna *nombres de recursos*.

Por último, realizaremos la forma más completa, en el apartado recursos, *asignar recursos*. [32]

Encadenando con la asignación de recursos. En el caso en que asignemos recursos adicionales a una tarea, se nos plantearán diferentes opciones:

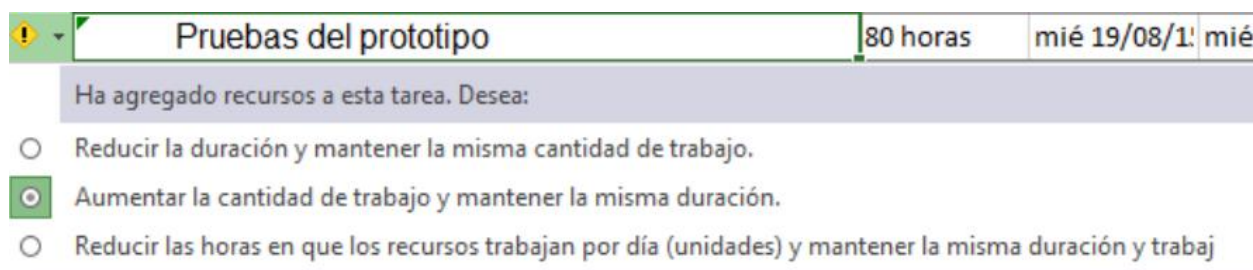


Ilustración 2-10 Recursos adicionales [32]

Como se puede observar en la Ilustración 2-10, la primera opción, *reducir la duración y mantener la misma cantidad de trabajo*, será seleccionada cuando con el recurso adicional que estamos introduciendo, se pretende reducir el tiempo en que se realiza la tarea, pero no resulta imprescindible para su realización.

La segunda opción, *aumentar la cantidad de trabajo y mantener la misma duración*, será utilizada cuando el recurso adicional que se está introduciendo, se considera esencial y necesario para la realización de la actividad.

Por último, la tercera opción, *reducir las horas en que los recursos trabajan por día (unidades) y mantener la misma duración y trabajo*, será introducida cuando con la incorporación del nuevo recurso se busque liberar la carga de trabajo que tienen los otros recursos en esa actividad. [34]

Microsoft Project otorga a cualquier organización la posibilidad de tener a su disposición una herramienta con numerosas opciones de cara a la gestión de un proyecto. A continuación, se mencionarán de forma breve dos de las características más útiles de las que dispone este programa: la

línea base y el fondo de recursos, siendo únicamente mencionadas debido a que no serán utilizadas posteriormente.

Comenzando con el concepto de línea base, esta herramienta consiste en almacenar una serie de datos originales relacionados con el proyecto, es decir, se trata de un plan original que permanece invariable a lo largo del tiempo y que es utilizado para comparar los diferentes progresos del proyecto. El objeto de esta línea base no es otro que el de lograr un seguimiento correcto de las actividades.

Respecto al fondo de recursos, Microsoft Project, brinda la oportunidad de poder gestionar una gran cantidad de proyectos al mismo tiempo. Gracias a esta herramienta, el usuario es capaz de poder asignar una serie de recursos (limitados en la empresa) a varios proyectos y poder visualizar si se encuentran sobreasignados, infraasignados o totalmente asignados en una determinada actividad. Cualquier modificación que realicemos en la asignación de recursos a una actividad, se verá reflejado en nuestra hoja de recursos.

Sin embargo, Microsoft Project no es el único programa informático del que se dispone en el sector. El rango de opciones que tenemos para elegir de programas informáticos que permitan planificar, programar y controlar un proyecto es muy amplio, entre ellos se podrían destacar programas como Excel OM o POM. [5]

Más específicamente, aplicado a el ámbito de la construcción naval, podemos destacar la existencia del sistema I.D.E.F. (Integrated Computer Aided Manufacturing Definition), esta herramienta se caracteriza por su capacidad de determinar el tiempo que va a ser necesario y los recursos que se van a ver envueltos en la construcción de un buque. Del mismo modo, los objetivos buscados por estas herramientas serán los mismos que encontraremos en cualquier otra herramienta que se aplique tanto a la planificación como a la programación y control. En primer lugar, reducir los tiempos de ejecución del proyecto, esto traerá consigo una disminución de los costes, y, en segundo lugar, obtener un resultado global de proyecto que proporcione un valor competitivo en el mercado. [34]

2.7 Optimización del proyecto

Una vez se ha realizado la planificación del proyecto y programación de las diferentes tareas, cualquier organización que esté involucrada en llevar a cabo el proyecto tratará de replantear las diferentes tareas que lo conforman para obtener el mayor número de beneficios posibles. Para ello existen diferentes técnicas que podrán ser llevadas a cabo por la dirección de operaciones o sus trabajadores.

En primer lugar, se plantea la posibilidad de utilizar recursos adicionales en las tareas que conforman el proyecto. Gracias a estos recursos extra se podrá reducir el tiempo que necesita una actividad para ser realizada, lo cual significará reducción de costes.

En segundo lugar, se puede barajar la opción de reasignar recursos a las actividades, es decir, se tratará de enviar los recursos de las actividades que posean holgura, a las actividades que se encuentren en el camino crítico. Esto no será siempre posible debido a que es posible que los recursos que necesiten las actividades críticas sean diferentes a los que podemos proporcionarles. Del mismo modo, esta reasignación puede ocasionar que surja una nueva ruta crítica.

En tercer lugar, se hace necesario nombrar la reevaluación de las estimaciones del tiempo de las tareas, es decir, cuanto más exactas sean estas estimaciones de tiempo, mayor será la exactitud con la que podamos determinar la finalización del proyecto. Para ello, será necesario realizar un análisis exhaustivo de las actividades.

Por último, cabe mencionar que una vez finalice el proyecto, deberá ser analizado con el objetivo de determinar aquellas actividades cuyo desarrollo ha sido satisfactorio y cuáles no. Pudiendo optar en sucesivos proyectos por otras alternativas. [32]

Además de todas estas medidas, existen muchas otras acciones, que, llevadas a cabo por el personal de la organización, podrán disminuir de manera considerable el tiempo de ejecución de las diferentes tareas. Entre ellas, se pueden destacar: [35]

2.7.1 La mejora de métodos de tareas con varios operadores

Esta mejora consistirá en disminuir el tiempo de espera por el cual un operario se encuentra sin realizar su tarea mientras otro trabajador se encuentra operando. Para lograr esto, independientemente de si la tarea es simultánea o en línea, se tendrá que equilibrar la línea de producción.

Este proceso de equilibrar la línea de producción consistirá en igualar las cargas de trabajo a la que se encuentran sometidos los operadores que trabajan en una misma tarea.

2.7.2 SMED

Las técnicas SMED, *Single Minute Exchange Of Die*, consisten en mejorar, disminuyendo el tiempo utilizado por el operario para cambiar las herramientas con las que opera, es decir, reducir el tiempo que un operario necesita para cambiar las diferentes máquinas con la que trabaja o pasar de una herramienta de trabajo a otra.

Los beneficios que se obtendrán mediante la aplicación de este tipo de técnicas serán principalmente de reducción de tiempos de ejecución y, por lo tanto, reducción de costes.

2.7.3 La ergonomía

Esta mejora consistirá en modificar la forma en la que se encuentran relacionados el operador de una empresa con el entorno que le rodea. Se puede entender por entorno a aquellas máquinas, herramientas o procedimientos que son llevados a cabo por el operador.

La ergonomía, por lo tanto, consistirá en un estudio de los diferentes métodos y formas de actuación de los trabajadores, con el fin de lograr una mayor eficiencia en el trabajo realizado y una mayor seguridad del individuo.

Básicamente, el propósito fundamental que tratará de satisfacer la ergonomía será el de adaptar el trabajo al operario y no al revés. Con ello, se reducirán los costes de operación, se incrementará la productividad, y se disminuirán las posibles lesiones y accidentes laborales que pudiesen ser provocados debido a un mal uso de la maquinaria. [35]

3 APLICACIÓN A LA CONSTRUCCIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL

3.1 Objeto del proyecto

El objeto de este subproyecto asociado a la construcción de una nave industrial es el de desarrollar un ejemplo de la aplicación de las técnicas PERT y CPM a un caso real y que se encuentre relacionado con las Fuerzas Armadas, más concretamente con la Armada Española.

Por tanto, este punto tratará en un primer lugar, de describir todos los pasos necesarios para la construcción de la nave industrial y contextualizar lo que será la segunda parte de este proyecto que es realizar un análisis de las técnicas de programación y control de actividades descritas anteriormente. Es por ello, por lo que no se han desarrollado todos los apartados correspondientes a lo que sería a un proyecto de construcción y únicamente se han descrito de manera básica aquellos esenciales que nos permitirán realizar el análisis posterior.

Partiremos de la idea de que se trata de un proyecto del tipo llave en mano, donde el Ministerio de Defensa y más concretamente la Escuela Naval Militar ha solicitado a una empresa experta en la construcción de naves industriales, la instalación y diseño de una nave industrial en la que se puedan albergar repuestos de los materiales utilizados en las prácticas de instrucción y adiestramiento (I+A) de los alumnos de la Escuela Naval Militar.

3.2 Parámetros característicos

La construcción de una nave industrial es cuanto más compleja en el caso de la Escuela Naval Militar y esto es debido a la proximidad que existe entre las diferentes instalaciones de las que dispone el complejo. Por este motivo, es necesario el aprovechamiento total de la superficie asignada para el trabajo y su finalización en el tiempo establecido debido a las prácticas desarrolladas durante las semanas de Instrucción y adiestramiento en el edificio colindante próximo a la instalación, llamado centro de adiestramiento en seguridad interior (CASI).

3.3 Datos del promotor

En este caso será la Escuela Naval Militar, que actualmente es el centro de formación para los futuros oficiales de la Armada Española, en ella se imparte una enseñanza tanto civil como militar, otorgando a los alumnos que finalicen el plan de estudios, el despacho correspondiente a oficial de la Armada y el título oficial correspondiente al grado en Ingeniería Mecánica por la Universidad de Vigo.

Desde el 2001 en este centro se han realizado una serie de modernizaciones como la instalación del Centro de Medidas Electromagnéticas o la adecuación del antiguo hospital en la residencia de suboficiales.

3.4 Ubicación y emplazamiento

La ubicación de la nave industrial se encontrará en la Villa de Marín, más concretamente en la Escuela Naval Militar, factor que será tenido en cuenta a la hora de la puesta en marcha del proceso de construcción de esta.

Dirección: Plaza España S/N (36920)

Localidad: Marín (Pontevedra)



Ilustración 3-1 Vista aérea de la Escuela Naval Militar [36]

Más concretamente, en la Ilustración 3-2 se puede observar la superficie destinada a la realización de la obra. Cabe reseñar que la superficie asignada a la construcción de la obra será de $690 m^2$.



Ilustración 3-2 Vista aérea del terreno [Autoría propia] [37]

Pontevedra, al igual que Galicia en general, se caracteriza por un clima templado a lo largo de todo el año, sin embargo, las precipitaciones son relativamente escasas en verano y abundantes en invierno.

3.5 Antecedentes

3.5.1 *Propuestas del cliente*

Diseño y construcción de una nave industrial en la Escuela Naval Militar, siendo el tipo de nave seleccionada aquella que posea una mejor relación calidad-precio del mercado y que cumpla con dos condiciones: en primer lugar, que la superficie abarcada bajo la plataforma sea la máxima posible ($690m^2$) proporcionando grandes claros, y, en segundo lugar, que la puerta que se encuentre en la fachada se sitúe de cara al cuartel Francisco Moreno. Todo ello, con el objetivo de que el personal pueda operar dentro de ella, siendo capaz de colocar todos los repuestos sin ningún tipo de limitación y con mucha versatilidad.

3.5.2 *Exigencias del mercado*

Actualmente, el sector de la construcción en España y el mundo entero está sufriendo un proceso de cambio y este cambio es debido a que el mercado actual en el que nos encontramos ha pasado de ser un mercado donde los vendedores elaboran una serie de productos con una determinada calidad y condiciones de entrega, a ser un mercado donde los compradores son los que toman la difícil decisión de elegir la calidad y condiciones de entrega de un determinado producto. Este panorama ha provocado que la competencia entre las empresas se vea aumentada y podamos encontrar una gran variedad de organismos que estén especializados en la instalación de naves industriales, basando su política de actuación en tres puntos fundamentales:

- Rapidez: Capacidad de realizar la obra dentro de los plazos acordados.
- Estrategias: Es necesario establecerlas para competir en el sector y tratar de liderar el mercado.
- Excelencia: Ser capaz de proporcionar un producto al mercado de la calidad requerida por el cliente y con el mínimo coste posible.

Por estos motivos, empresas como grupo MyD, que aseguran una alta calidad en todos sus trabajos desarrollados y que aseguran la entrega de lo estipulado en el plazo concretando evitando por consiguiente que se produzcan costes adicionales por un retraso en la obra, se encuentran situados como los líderes del sector. [39] [40]

3.5.3 *Necesidades de ampliación*

Motivo de la realización del proyecto debido a que actualmente la Escuela Naval Militar cuenta con un pañol destinado a el almacenamiento de pertrechos y el espacio existente en él se encuentra muy limitado.

Con la ejecución de esta obra está previsto crear una superficie de almacenamiento de $690 m^2$, con esta superficie añadida, será posible trasladar el material que se encuentre en el actual pañol de las lanchas de instrucción con el objetivo de que se encuentre más liberado de carga y los repuestos puedan ser colocados de una forma ordenada. Del mismo modo, no se descarta realizar una serie de divisiones dentro de la nave con objeto de albergar material de Infantería de marina u otro tipo de material dentro de ella.

3.6 Factores por considerar

3.6.1 *Normativa de construcción para naves industriales*

Para la realización de este proyecto se ha utilizado la normativa correspondiente al código técnico para la edificación (CTE), código que fue aprobado en el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. En especial, se ha trabajado con el apartado DB-SE-AE basado en el Eurocódigo 3 – Proyecto de Estructuras de Acero con el fin de conseguir un correcto diseño de la instalación.

3.7 Soluciones alternativas

Para la realización de este proyecto, se han barajado diferentes geometrías de naves industriales, siendo las más significativas las representadas en la Tabla 3-1:

Tipo de nave industrial	¿Cumple con la condición de aprovechamiento del 100% de la superficie disponible?
Cuadrada	NO
Rectangular	SI
En U	NO
En H	NO
En L	NO

Tabla 3-1 Comparación de las diferentes geometrías de naves industriales [Autoría propia]

Finalmente, la elección de diseño seleccionada será la de una nave industrial del tipo rectangular, ya que, proporcionará una total cobertura del terreno y debido a que no existirán oficinas en esta nave, no será necesario la compartimentación de la construcción que podríamos tener con una nave del tipo H o L.

3.8 Descripción detallada

Antes de comenzar con la descripción de las diferentes etapas involucradas en la construcción de una nave industrial, se hace necesario definir el concepto de esta y caracterizar el tipo de nave industrial que va a ser desarrollada en nuestra zona de trabajo.

Una nave industrial se puede definir como aquella edificación construida con el objeto de albergar el material industrial producido, resolviendo así cualquier tipo de problema de alojamiento u operación que pueda existir en una industria. Estas construcciones se caracterizan por poseer grandes claros que dotarán al terreno de trabajo de una excelente luminosidad y, además, tratarán de no poseer elementos intermedios para facilitar el trabajo en la misma. En la Ilustración 3-3 se puede observar el diseño de la nave industrial a construir en la Escuela Naval Militar.



Ilustración 3-3 Diseño de la nave industrial a construir [Autoría propia]

Independientemente de la geometría seleccionada para la nave, la construcción de una nave industrial se puede dividir en una serie de etapas que deberán ser completadas por parte de la constructora. Estas etapas estarán compuestas por una serie de tareas y subtareas a realizar, cuya realización será estrictamente obligatoria. A continuación, en la Ilustración 3-4, se encuentran nombradas y ordenadas por orden de realización las etapas que componen la construcción de una nave industrial: [40]

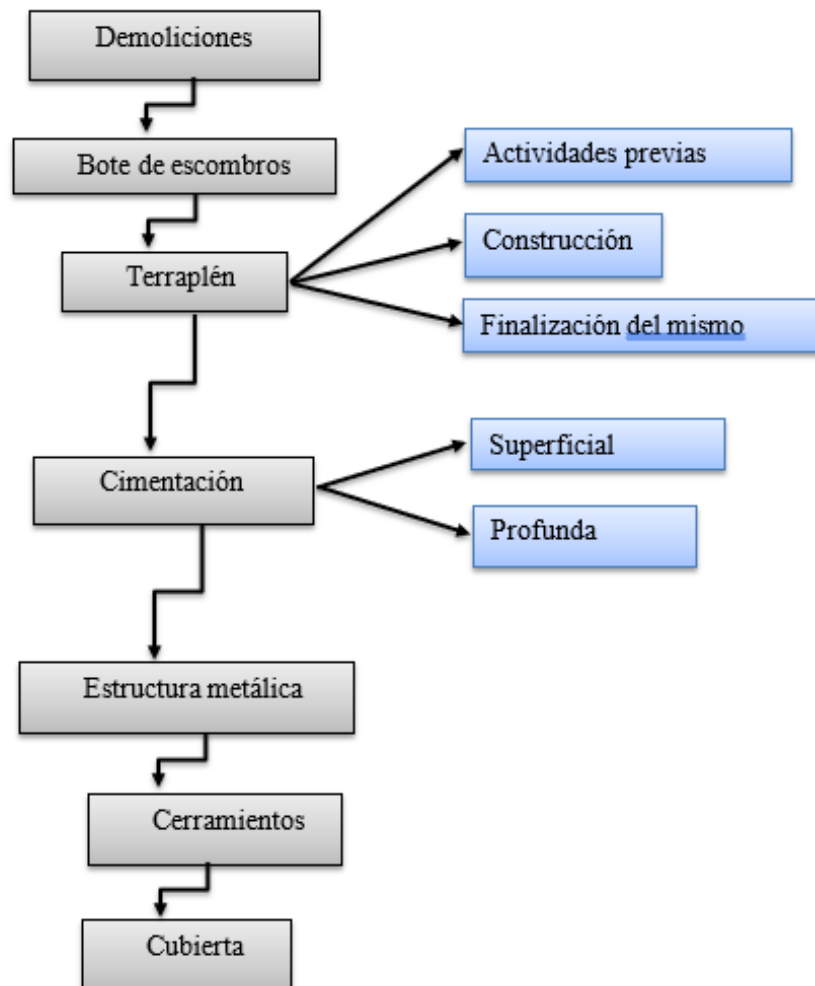


Ilustración 3-4 Etapas que componen la construcción de una nave industrial [Autoría propia]

Del mismo modo, a pesar de no venir encuadradas en el esquema superior, la realización de esta obra traerá consigo la ejecución de un elevado número de actividades secundarias. Estas actividades abarcarán tanto reuniones para el control de calidad, como reuniones con el cliente, limpiezas, transporte de materiales, etc.

A continuación, se pasarán a describir las diferentes etapas que componen el proceso de construcción de la nave industrial:

3.8.1 Demoliciones

Es el primer paso a la hora de comenzar una obra, realizar una serie de demoliciones consistirá en retirar cualquier construcción o material que se encuentre edificado sobre la superficie que se nos ha asignado para el trabajo, sin embargo, en nuestro proyecto, se cuenta con la ventaja de que no es necesario realizar la demolición de grandes edificios u otras construcciones, el terreno se encuentra totalmente libre de obstáculos, tal y cómo se puede observar en la Ilustración 3-5. (En el cálculo de tiempos realizado con Microsoft Project, con objeto de aumentar la red de actividades y aumentar la

dificultad de planificación de este, se ha simulado la existencia de pequeñas construcciones que serán destruidas y posteriormente retiradas de la superficie de construcción).



Ilustración 3-5 Terreno de trabajo (Escuela Naval Militar) [Autoría propia]

3.8.2 Bote de escombros

Una vez se haya llevado a cabo la demolición será necesario el desecho de los escombros generados en la zona, estos escombros serán transportados seguidamente a un lugar especializado para su reciclaje o eliminación. De forma práctica, en Pontevedra podemos encontrar el polígono de O Campiño, mostrado en la Ilustración 3-6, lugar al que serán trasladados todos los residuos generados durante la construcción de la nave industrial.



Ilustración 3-6 Polígono de O Campiño [41]

3.8.3 Terraplén

Una vez se haya realizado el transporte de estos residuos, pasaremos a la construcción del terraplén, cuya función será la de ser la base para la construcción de la nave industrial. Para conseguir un correcto desarrollo y ejecución de la obra, será necesario que llevemos a cabo todas las etapas de las que se compone esta obra, estas etapas se pueden agrupar en tres grupos: Actividades previas, Construcción del terraplén y finalización de este. [42]

3.8.3.1 Actividades previas

Dentro de este grupo de actividades previas, se encuentran las tareas de desbroce, despalme y escarificación del terreno. Del mismo modo, antes de comenzar con la construcción del terraplén, será necesaria la realización de un estudio geotécnico del terreno.

El desbroce del terreno consistirá en extraer los árboles, escombros u obstáculos con el objetivo de dejar el terreno totalmente natural y evitar de este modo, acarrear perjuicios al futuro de la construcción. Este desbroce del terreno se encargará de rellenar y compactar con el material adecuado las entradas en el terreno provocadas por la sustracción de árboles o algún otro elemento con el objetivo de evitar que se manifiesten puntos débiles en estas zonas. La profundidad de esta extracción dependerá de la zona en la cual estemos realizando el desbroce, oscilando desde valores de 5cm hasta 90cm, estos últimos en zonas forestales.

El despalme por otro lado se encargará de eliminar la capa superficial de la tierra vegetal (humus) del terreno de trabajo, este espesor de terreno retirado dependerá del tipo de superficie en la que se realizará la operación y de la cantidad en que se encuentre.

En último lugar, encontramos la escarificación del terreno cuyo objetivo será el de uniformar la composición del suelo. El ripado del terreno será realizado por maquinaria especializada (bulldozers), representado en la Ilustración 3-7, y será llevado a cabo mediante la disgregación del terreno y posterior compactación.

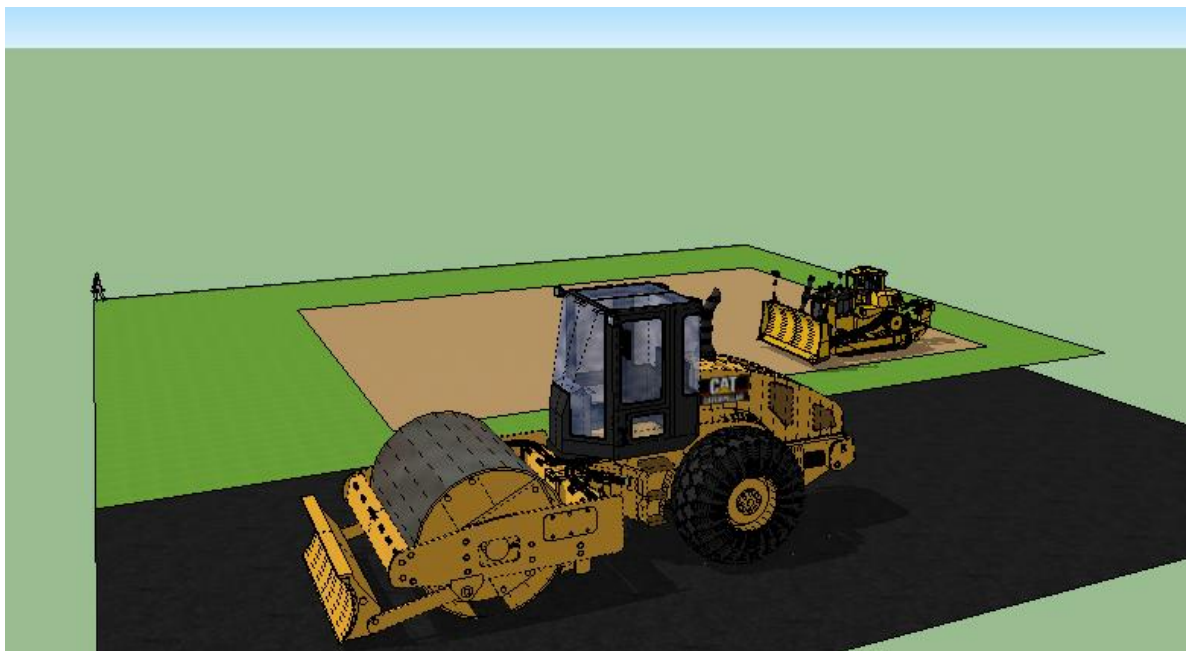


Ilustración 3-7 Bulldozer y compactadora [Autoría propia con modelos sketchup]

3.8.3.2 Construcción del terraplén

Las actividades que comprenden la construcción del terraplén son las mostradas en la Figura 3-1 :



Figura 3-1 Actividades que se incluyen en la construcción de terraplenes [Autoría propia]

El extendido se denomina al proceso de mantener controlado tanto el grosor (que oscilará entre 15cm y 40 cm), como el grado de compactación de la nueva capa que se van a introducir en el terraplén, todo esto mediante el uso de maquinaria especializada para esta actividad (bulldozers).

La humectación del terreno será la segunda tarea que realizar por parte de la constructora debido a la importancia que tendrá estabilizar la humedad del suelo. Este proceso permitirá en primer lugar, adquirir una correcta resistencia del terreno y, en segundo lugar, que las variaciones medioambientales que se produzcan con respecto a la humedad no provoquen cambios excesivos. El suelo podrá requerir una desecación (si es muy húmedo) o por el contrario la incorporación de agua.

La compactación será la actividad que finalizará la construcción de nuestro terraplén. Esta actividad tratará de aumentar tanto la resistencia del terraplén como su estabilidad, todo ello mediante la compactación prematura del terreno, evitando futuros movimientos verticales del suelo debido al peso de la construcción inmediatamente superior a ella, con este procedimiento se pretende eliminar espacios vacíos y mejorar las propiedades del suelo. [43]

3.8.3.3 Finalización del terraplén y Control de calidad

Una vez realizadas las tareas anteriores, se realizará el ajuste geométrico del terreno, acotándolo a la zona en la que se procederá a construir la nave industrial. Posteriormente, se perfilarán los taludes y se realizará una última pasada por la superficie para solucionar posibles imperfecciones.

Para finalizar y dar por correcto la construcción del terraplén, se realizará un control de calidad para detectar los posibles errores de ejecución cometidos durante la obra.

3.8.4 Cimentación

Se define como el conjunto de elementos estructurales cuyo objetivo es el de transmitir las diferentes cargas de la estructura al suelo, esto se deberá realizar de tal forma que no se produzca una deformación inadmisible en el terreno y que por consiguiente pueda provocar el vuelco, deslizamiento o aparición de asientos diferenciales. [44]

En este caso se utilizará una cimentación del tipo superficial ya que en el estudio geotécnico del terreno previamente realizado se obtuvo la información necesaria sobre la composición, resistencia del suelo, nivel freático (este análisis ha sido simulado ya que era necesario para continuar con la construcción de la nave industrial), y se determinó que el terreno era lo suficientemente resistente como para poder soportar los esfuerzos de la estructura.

A continuación, se selecciona la zapata aislada de cimentación, representada en la Ilustración 3-8, pudiendo optar del mismo modo por la zapata corrida o la losa de cimentación, pero que debido a que se trata de un suelo de buena/ media calidad utilizaremos la primera opción.

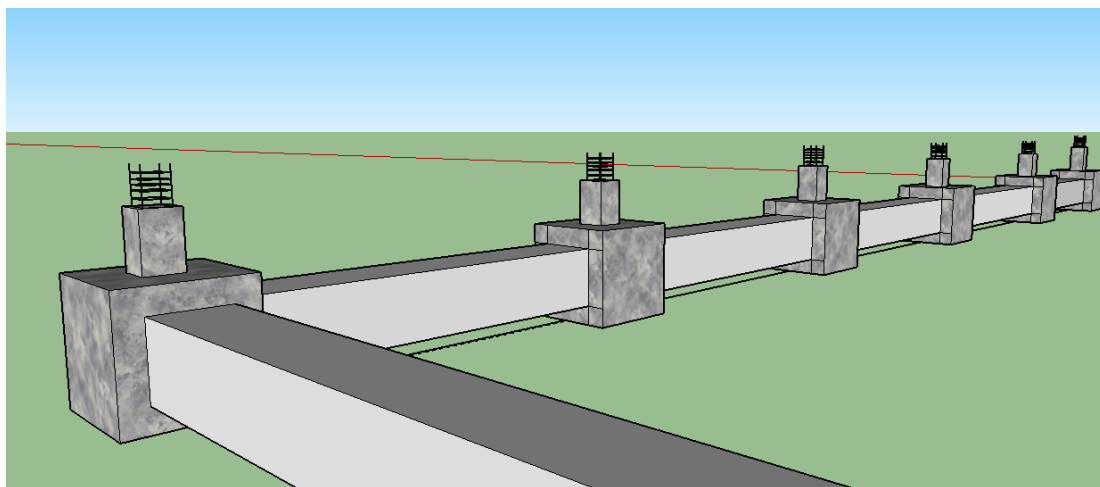


Ilustración 3-8 Cimentación de la nave industrial [Autoría propia]

Además, en este apartado se incluirá la puesta en marcha de un sistema de encofrado para las zapatas y la construcción de una serie de vigas de cimentación.

3.8.5 Revestimientos y pavimentos

Una vez se haya realizado la cimentación de la nave industrial, continua la construcción con la colocación de una serie de pavimentos sobre la superficie de trabajo.

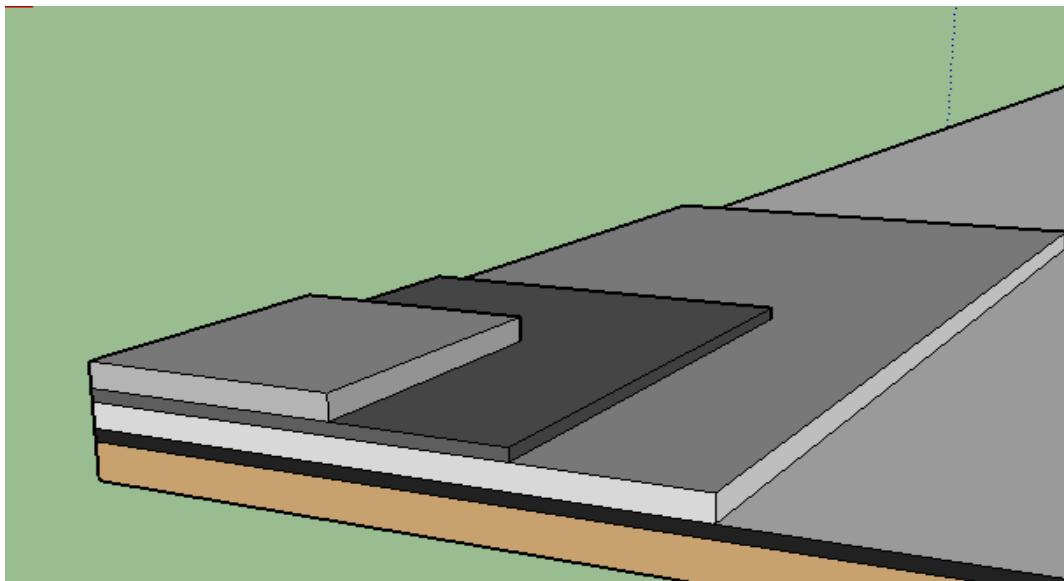


Ilustración 3-9 Revestimientos de la nave industrial [Autoría propia]

Como se puede observar en la Ilustración 3-9, tras completar la cimentación se procede en primer lugar a colocar una capa de gravilla sobre el terreno, seguidamente se realizará el proceso de impermeabilización de la futura solera que se colocará sobre esta base de árido. Para ello, la impermeabilización de la solera consistirá en la elaboración de una serie de láminas de betún con elastómero. Una vez se haya realizado esta tarea, se realizará la colocación de la solera. Esta actividad vendrá seguida de colocación de la capa de mortero autonivelante, con el objetivo de alcanzar una superficie nivelada sin ningún tipo de inclinación. Por último, se procederá a colocar el pavimento continuo de hormigón pulido con objeto de alcanzar el acabado buscado.

3.8.6 Estructura metálica

Debido a su capacidad de salvar grandes luces, y gran resistencia frente a esfuerzos de tracción y compresión, el acero será un material excelente que incluir en el esqueleto de la nave industrial.

Proporcionará las siguientes ventajas e inconvenientes que vienen indicadas en la Tabla 3-2.

Ventajas	Inconvenientes
Facilidad y rapidez de montaje	Alta velocidad de corrosión
Admite deformaciones plásticas antes de colapsar	Resistencia estructural disminuye a altas temperaturas
Posibilita diferentes técnicas de unión	

Tabla 3-2 Cuadro comparativo de las estructuras metálicas [Autoría propia]

El esqueleto de la nave industrial estará compuesto por 6 pórticos de acero y la separación entre los mismos será de 4,6 metros. Del mismo modo, en esta etapa se realizará colocación de las correas que conformarán la cubierta de la nave industrial y de los arriostramientos (cruces de San Andrés), que serán necesarios para aguantar los esfuerzos a los que se verán sometidos las vigas y los pilares de la edificación.

Más concretamente, el conjunto de la estructura metálica se encontrará compuesta por 20 pilares metálicos de Perfil HE 320 B, dispuestos de la forma en que se puede apreciar en la Ilustración 3-10 e Ilustración 3-11.

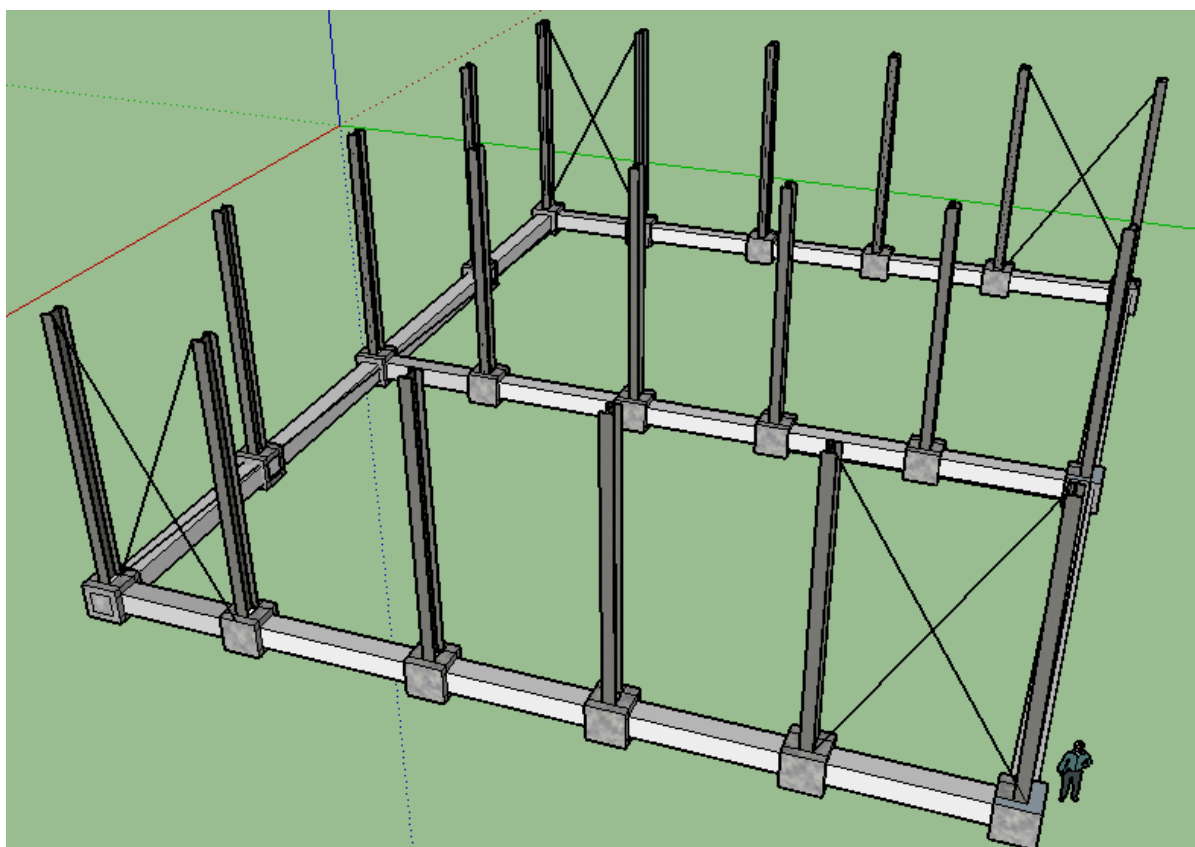


Ilustración 3-10 Estructura metálica (1) [Autoría propia]

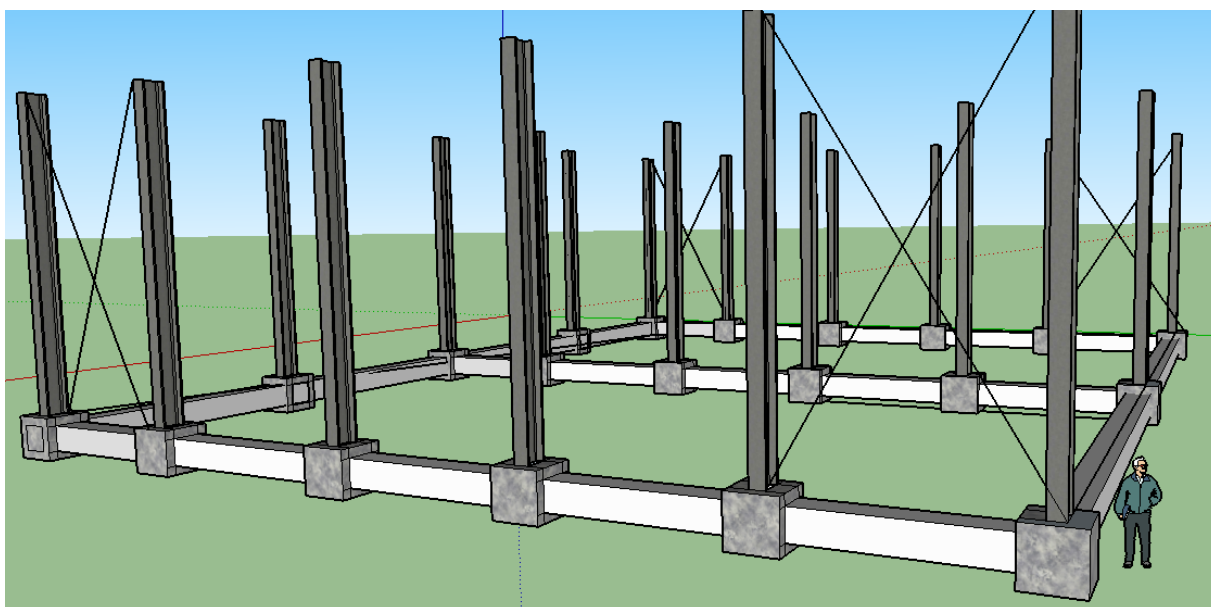


Ilustración 3-11 Estructura metálica (2) [Autoría propia]

Las correas que conforman la cubierta corresponderán a un perfil IPE160 y se encontrarán separadas 2 m. Son representadas en la Ilustración 3-12.

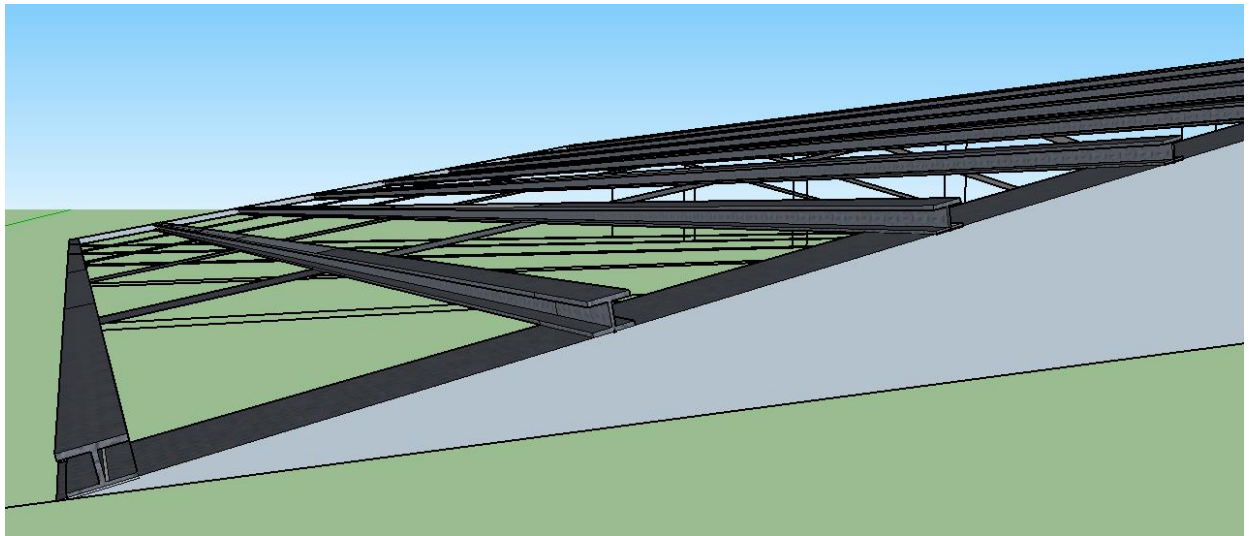


Ilustración 3-12 Correas que conforman la estructura [Autoría propia]

3.8.7 Cerramientos

Se conocen con el nombre de cerramientos a aquellos muros compuestos por bloques de cerámica, hormigón u otro material que son unidos mediante mortero de cemento. Estos bloques en ocasiones, con el fin de ser más manejables, tienen una serie de agujeros para disminuir su peso y mantener sus propiedades sin afectar. Podemos encontrar cerramientos metálicos y cerramientos de hormigón prefabricado, suponiendo estas últimas un mayor costo inicial pero una gran resistencia a la intemperie si se realizan los adecuados mantenimientos. Los cerramientos metálicos se caracterizan por necesitar una estructura auxiliar a la que anclarse y poder incorporar superficies transparentes o translúcidas. A continuación, se adjunta la Ilustración 3-13, en la que se puede observar el conjunto de cerramientos que compone la nave industrial de nuestro proyecto.



Ilustración 3-13 Conjunto de cerramientos de la nave industrial [Autoría propia]

3.8.8 Cubierta

Se denomina cubierta a aquel elemento encargado de mantener el correcto aislamiento (acústico y térmico) de la edificación sobre la que se encuentre. Dependiendo de la obra en la que esté instalada será o no transitable, siendo en la mayoría de los casos accesible únicamente para el mantenimiento.

La cubierta será capaz de soportar su propio peso y la carga a la que se encuentre sometida, para ello, se adjuntan en el apartado cálculos, los resultados obtenidos tras realizar la interacción que existen entre las variables meteorológicas y las correas que componen la cubierta.

Únicamente se han realizado estos cálculos para comprobar que efectivamente el perfil seleccionado de correas (IPE 160), es suficiente para aguantar los esfuerzos a los que se verá sometido. Podría ser del mismo modo aplicable a los pórticos, pero debido a que el diseño completo de la nave no es motivo de este proyecto, se han obviado estos últimos cálculos. En la Ilustración 3-14 se puede observar la cubierta superior de la nave industrial colocada encima de las diferentes correas.

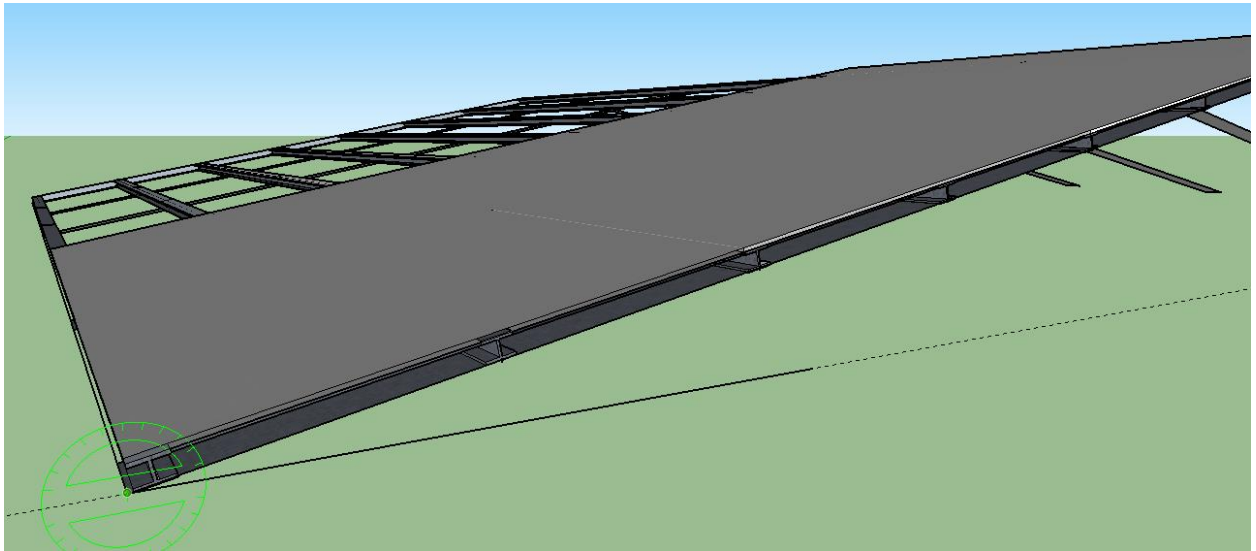


Ilustración 3-14 Cubierta sobre las diferentes correas [Autoría propia]

3.8.9 Instalación eléctrica, suministro e instalación de luminarias, colocación de puertas, pintado de cerramientos y otras actividades.

En los apartados anteriores, únicamente se han descrito aquellas actividades que son principales a la hora de construir una nave industrial, sin embargo, podemos nombrar otras actividades secundarias que tendrán del mismo modo, un impacto en el desarrollo de la obra.

En primer lugar, podríamos destacar la necesidad de la instalación de una red eléctrica; en esta instalación eléctrica se incluirán la puesta en el recinto de los enchufes y las diferentes tomas. Seguidamente se pasará a la colocación de las lámparas en la instalación, el modelo de luminaria seleccionada para la nave industrial será la campana lineal LED 150W IP65.

En segundo lugar, se producirá la colocación de la puerta que da acceso a la nave industrial y el pintado de los cerramientos metálicos de la nave. Además, se procede al amueblado del interior de la nave industrial mediante la compra de una serie de estanterías, taquillas y escritorio de trabajo, lugar en el que serán guardados los registros del material.

Por último, y no por ello menos importante, podríamos señalar la necesidad de mantener el lugar de trabajo limpio de materiales que no se vayan a utilizar, esta es la razón por la cual se realizarán limpiezas de forma habitual, se producirá el traslado de todos los materiales y finalmente se realizará una limpieza total de la zona, todo ello con objeto de dar por concluido el proyecto.

A continuación, se adjuntan una serie de ilustraciones: Ilustración 3-15, Ilustración 3-16, Ilustración 3-17 e Ilustración 3-18, que corresponden al diseño interior de la nave industrial. Estos diseños se han realizado con el software de diseño Sketchup, con los cuáles, se ha tratado de hacer una aproximación, lo más exacta posible de lo que podría ser el resultado de la construcción de la nave industrial.

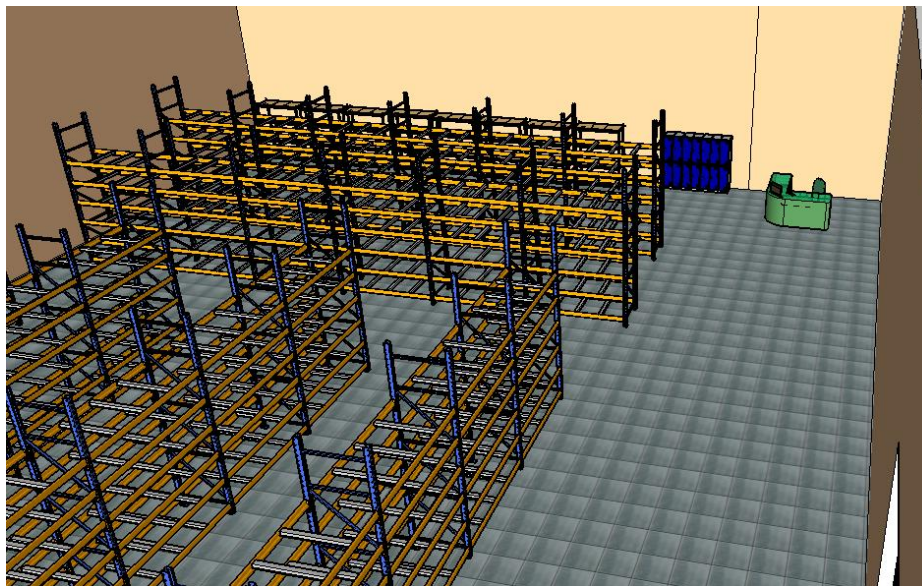


Ilustración 3-15 Interior de la nave industrial (1) [Autoría propia con modelos sketchup]

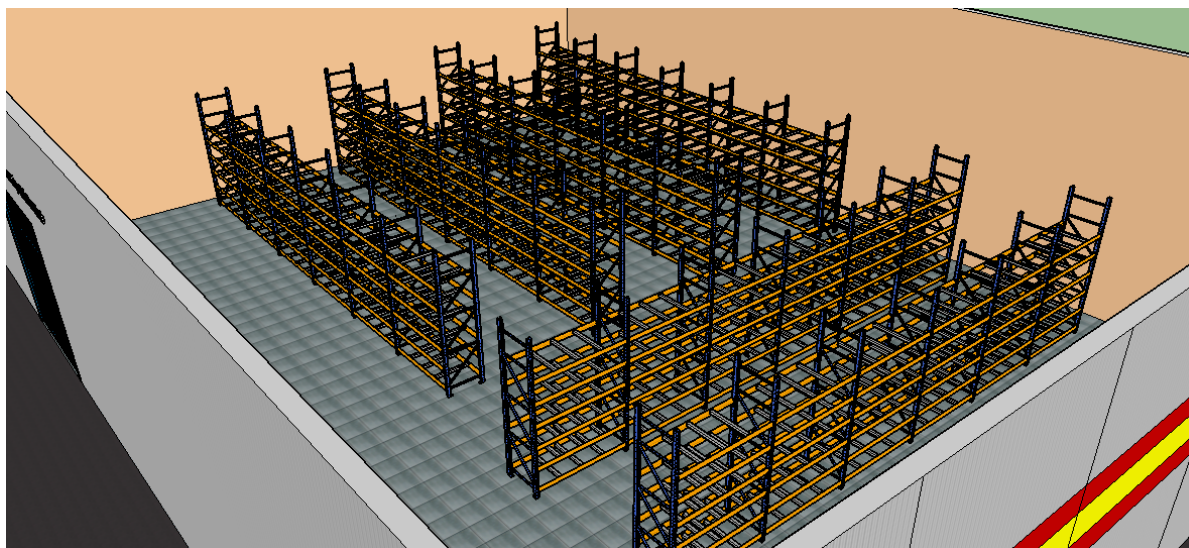


Ilustración 3-16 Interior de la nave industrial (2) [Autoría propia con modelos sketchup]

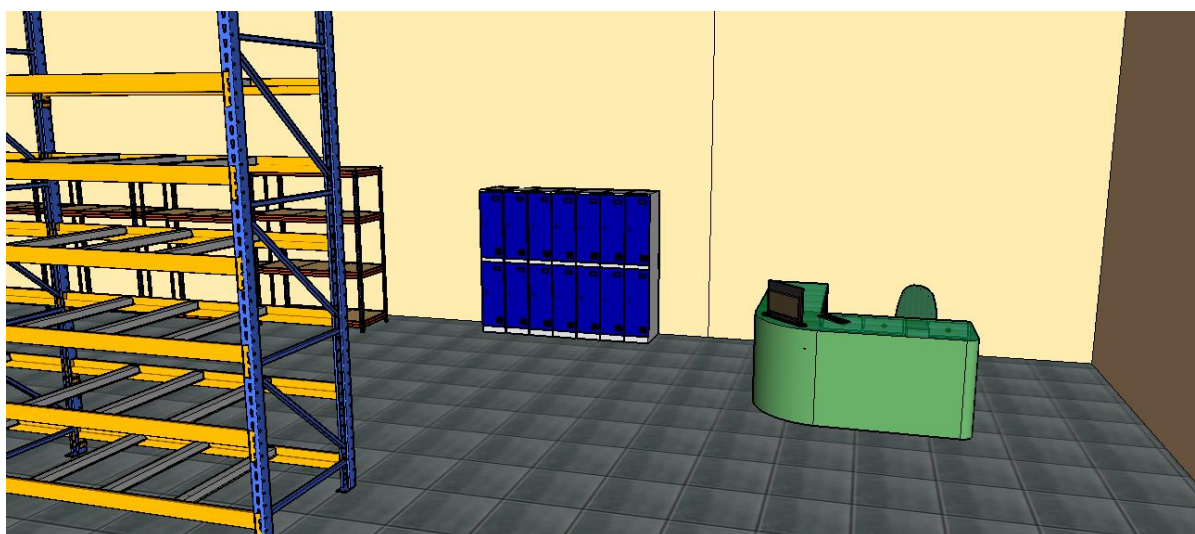


Ilustración 3-17 Interior de la nave industrial (3) [Autoría propia con modelos sketchup]

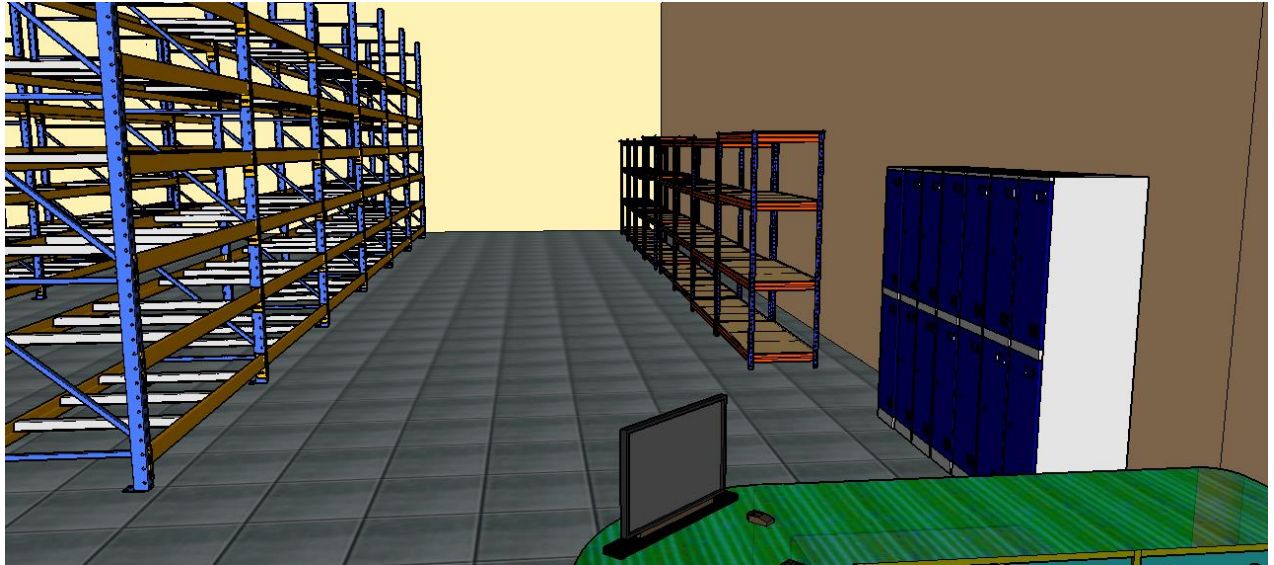


Ilustración 3-18 Interior de la nave industrial (4) [Autoría propia con modelos sketchup]

3.9 Justificación detallada (cálculos)

Teniendo en cuenta los siguientes datos, se procede a calcular las cargas a las que estarán sometidas las correas de la cubierta y, por consiguiente, determinar si el perfil seleccionado será suficiente para no llegar a la rotura ni deformación máxima admisible.

Se han adjuntado los cálculos correspondientes en el Anexo I: Cálculos de acciones sobre correas de este documento, mostrando en la Tabla 3-3 aquellos datos que han sido utilizados para resolver el problema.

Estructura de acero.

Dimensión en planta (23x30) m.

Separación entre pórticos 4,6 m.

Cubierta a 2 aguas con pendiente de 10°.

Localización de la construcción en Marín (Pontevedra).

Altura del punto más bajo 7,5m.

Separación entre correas 2m.

Perfil preliminar para correas IPE (160).

Material de cubierta tipo sándwich panel GP-P4G-LDR con un espesor

De 50mm y un peso de $16\text{kg}/\text{m}^2$.

Huecos superficie < 5% de la fachada lateral.

Tabla 3-3 Tabla de datos generales de la nave industrial [Autoría propia]

Obteniendo como resultados:

Que el perfil IPE 160 soporta las cargas de rotura a las que se encuentra sometida y por consiguiente no romperá, así mismo la flecha máxima producida es menor que la deformación máxima, es por esto por lo que el perfil IPE 160 es el seleccionado. Debido a que no es objeto explícito

del presente trabajo y por motivos de tiempo, se van a obviar los cálculos correspondientes a los esfuerzos a los que se encuentran sometidos tanto los pórticos de la construcción, como las cimentaciones de la estructura y cualquier otra estructura.

3.10 Presupuesto

Antes de comenzar a elaborar de forma exhaustiva el presupuesto que será necesario invertir para la puesta en marcha y construcción de la edificación, se muestran dos estimaciones de costes aproximados en el Anexo IV: Presupuestos aproximados del presente trabajo. Esta primera estimación ha sido proporcionada por el grupo de empresas PATEC [45], mostrando un coste aproximado de 71.400€, coste en el que no estarán incluidos aquellos gastos correspondientes a la cimentación, instalación eléctrica, IVA, etc. Por todo ello, este valor que se muestra será únicamente de carácter informativo y será utilizado como un comprobante más en el resultado final que será obtenido al finalizar este epígrafe. Seguidamente, se puede observar una segunda estimación proporcionada por el organismo de Asesoramiento y control de obras, S.L. [47], siendo obtenido un coste aproximado de 223.542,05€. Valor que es coherente y se aproxima al resultado que se mostrará al final de este apartado.

Del mismo modo, se adjunta en la Tabla 3-4, aquellos datos que se consideran necesarios para estimar el coste de los diferentes materiales que toman parte en la construcción. Todos estos datos son valores aproximados que han sido estimados en base a las dimensiones de la nave.

Elemento de estudio	Medida considerada
Superficie total de la parcela	1000 m ²
Terreno asignado a la nave industrial	690 m ²
Volumen de la zapata de cimentación	1m ³ →(1x1x1)
Número de zapatas	20
Superficie correspondiente a la sección de una viga de cimentación	0,49m ²
Superficie correspondiente al encofrado de las zapatas	58,09m ²
Volumen correspondiente a las vigas de cimentación de la estructura	63,21m ³
Número de pórticos de la estructura	6
IPE 160 para correas	15,8 Kg/m
HE 320B para pilares	127 Kg/m
Altura pilares laterales	7,5 m
Altura pilares centrales	10,15m
Longitud total de acero en pilares	168,5m
Número de correas	18 correas por pórtico
Longitud de acero empleado en correas	4,6m
Longitud de acero empleado en correas	540m
Longitud de vigas del pórtico	15,23m

Tabla 3-4 Datos básicos de la construcción [Autoría propia]

A continuación, se desarrollará el presupuesto completo del proyecto, en este presupuesto se mostrarán las actividades que han sido necesarias para la construcción de la nave industrial. En un primer lugar, se mostrarán los cuadros de unitarios en la Tabla 3-5, Tabla 3-6 y Tabla 3-7. Seguidamente, se mostrará un desglose general del proyecto con el objetivo de facilitar la obtención del coste global de la construcción. [46] [47]

3.10.1 Cuadro de unitarios

Mano de obra			
Código	Descripción	Unidad de medida	Precio €
mo113	Peón ordinario	Hr	16,16
mo040	Oficial 1ª jardinero	Hr	17,54
mo115	Peón jardinero	Hr	16,16
mo043	Oficial 1ª ferrallista	Hr	18,42
mo090	Ayudante ferrallista	Hr	17,25
mo045	Oficial 1ª estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón	Hr	18,42
mo092	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón	Hr	17,25
mo044	Oficial 1ª encofrador	Hr	18,42
mo091	Ayudante encofrador	Hr	17,25
mo112	Peón especializado en construcción	Hr	16,50
mo020	Oficial 1ª construcción	Hr	17,54
mo077	Ayudante construcción	Hr	16,43
mo029	Oficial 1ª aplicador de láminas impermeabilizantes	Hr	17,54
mo067	Ayudante aplicador de láminas impermeabilizantes	Hr	16,43
mo031	Oficial 1ª aplicador de mortero autonivelante	Hr	17,54
mo069	Ayudante aplicador de mortero autonivelante	Hr	16,43
mo040	Oficial 1ª construcción de obra civil	Hr	17,24
mo085	Ayudante construcción de obra civil	Hr	16,13
mo047	Oficial 1ª montador de estructura metálica	Hr	18,42
mo094	Ayudante montador de estructura metálica	Hr	17,25
mo051	Oficial 1ª montador de cerramientos	Hr	18,13

	industriales		
mo098	Ayudante montador de cerramientos industriales	Hr	16,43

Tabla 3-5 Cuadro de unitarios correspondiente a la mano de obra [Autoría propia]

Maquinaria y equipos			
Código	Descripción	Unidad de medida	Precio €
mq01pan010a	Pala cargadora sobre neumáticos de 120kW/1,9m ³	Hr	3,99
mq01mot020a	Motoniveladora de 99kW equipada con escarificadora	Hr	78,62
mq01pan010b	Pala cargadora sobre neumáticos de 85CV/1,2m ³	Hr	43,47
mq04cab010b	Camión basculante de 10t de carga	Hr	32,89
mq01mot010a	Motoniveladora de 135CV	Hr	67,59
mq02rov010b	Compactador monocilíndrico vibrante autopulsado, de 15t.	Hr	64,28
mq02cia020	Camión con cuba de agua	Hr	35,98
mq06vib020	Regla vibrante de 3 m	Hr	4,66
mq06cor020	Equipo para corte de juntas en soleras de hormigón	Hr	9,48
mq06pym020	Mezcladora-bombearadora para morteros autonivelantes	Hr	10,18
mq06fra010	Fratasadora mecánica de hormigón	Hr	5,06
mq06aca030	Pulidora para pavimentos de hormigón, compuesta por platos giratorios a los que se acoplan una serie de muelas abrasivas, refrigeradas con agua	Hr	4,99
mq08sol010	Equipo de oxicorte, con acetileno como combustible y Oxígeno como comburente	Hr	7,36
mq08sol020	Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica	Hr	3,09
mq07ple010bg	Alquiler diario de cesta elevadora de brazo articulado, de 16 m de altura máxima de trabajo	Ud	120,31
mq07gte010a	Grúa autopulsada de brazo telescópico con una capacidad de elevación de 12t y 20m de	Hr	48,88

altura máxima de trabajo

Tabla 3-6 Cuadro de unitarios correspondiente a la maquinaria y equipos necesarios [Autoría propia]

Materiales utilizados			
Código	Descripción	Unidad de medida	Precio €
mt07aco020a	Separador homologado para cimentaciones	Ud	1,04
mt07aco010c	Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500S, de varios diámetros	Kg	0,81
mt08var050	Alambre galvanizado para atar de 1,30mm de diámetro	Kg	1,1
mt10haf010nga	Hormigón HA-25/B/20/IIa, fabricado en central	m ³	76,88
mt08eme040	Paneles metálicos de varias dimensiones, para encofrar elementos de hormigón	m ²	52
mt50spa052b	Tablón de madera de pino, de 20x7x2 cm	m	4,39
mt050spa081a	Puntal metálico telescópico, de hasta 3 m de altura	Ud	13,37
mt08eme051a	Fleje de acero galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro	m	0,29
mt08var060	Puntas de acero de 20x100mm	Kg	7
mt08dba010b	Agente desmoldeante	l	1,98
mt07aco020a	Separador homologado para cimentaciones		
mt01arp032b	Gravilla caliza de machaqueo de 5 a 10 mm de diámetro	m ³	24,50
mt10hmf010Lm	Hormigón HM-15/B/20/I, fabricado en central	m ³	66,00
mt16pea020c	Panel rígido de poliestireno expandido, según UNE-EN 13163, mecanizado lateral recto de 30mm de espesor.	m ²	2,01
mt08aaa010a	Agua	m ³	1,50
mt09mif010ca	Mortero industrial para albañilería, de cemento, color gris, categoría M-5	T	32,25
mt14iea020c	Emulsión asfáltica aniónica con cargas tipo EB, según UNE 104231	Kg	1,72
mt14lba010i	Lámina de betún modificado con elastómero SBS, LBM (SBS)-48-FP, de 3,5mm de espesor.	m ²	7,07

Según UNE-EN 13707

mt14lba100a	Banda de lámina de betún modificado con elastómero SBS, LBMM de 33cm de anchura, acabada con film plástico termofusible en ambas caras	m	2,15
mt14gsa020bc	Geotextil no tejido compuesto por fibras de poliéster, unidas por agujeteado, según UNE-EN 1352	m ²	0,56
mt09mpa010a	Mortero autonivelante de cemento, Ultrapan (MAPEI SPAIN), con cementos especiales, áridos seleccionados y aditivos, para regularización y nivelación de pavimentos interiores de hormigón	Kg	1,32
mt16pea020a	Panel rígido de poliestireno expandido, según UNE-EN 13163, mecanizado lateral resto, de 10 mm de espesor, para junta de dilatación.	m ²	0,92
mt47adh024	Lámina de polietileno de 120g	m ²	0,52
mt09hil070a	Hormigón HM-20/B/20/IIA Artevia pulido interior (LAFARGE), coloreado en toda su masa, con fibras de polipropileno incluidas, fabricado en central	m ³	109,30
mt07ala010h	Acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en perfiles laminados en caliente, piezas simples para aplicaciones estructurales	Kg	0,99
mt27pfi010	Imprimación de secado rápido, formulada con resinas alquídicas modificadas y fosfato de zinc	l	4,80
mt13dcp010qll	Panel sándwich aislante de acero, para cubiertas, de 30mm de espesor y 1150 mm de ancho, formado por doble cara metálica de chapa estándar de acero y accesorios	m ²	34,18
mt13ccg030d	Tornillo autorroscante de 6,5x70mm de acero inoxidable, con arandela	Ud	0,5
mt49sld010	Inspección visual sobre una unión soldada, según UNE-EN ISO 17637, incluso desplazamiento a obra e informe de resultados	Ud	62,48
mt49sts010	Estudio geotécnico, se incluyen transporte de equipos de sondeo y personal especializado, sondeo mediante perforación a rotación, caja porta-testigos de cartón parafinado, emplazamiento de equipo de penetración dinámica en cada punto. Ensayos para determinar la resistencia a compresión simple de una muestra del suelo e informe geotécnico con especificación de cada uno de los	Ud, m	1859,47
mt49sts020			
mt49sts030a			
mt49sts040			
mt49stp010			
mt49stp020			

mt49stp030a resultados obtenidos.

Tabla 3-7 Cuadro de unitarios correspondiente a los materiales utilizados [Autoría propia]

3.10.2 Cuadro de descompuestos

Antes de comenzar a descomponer los diferentes costes obtenido en cada etapa, cabe mencionar que el presupuesto final de la obra estará compuesto por la suma de los costes directos y los costes indirectos.

En los costes totales de cada actividad se encuentran incluidos los gastos auxiliares o también conocidos como costes directos complementarios y los costes indirectos, a excepción de la mano de obra indirecta y parte del material, que serán incluidos en los gastos generales del proyecto.

Movimiento de tierras

Código	Descripción de la actividad	€/m ²	€/m ³	Cantidad	Coste total (€)
ADL005	Desbroce y despalme del terreno	0,99	-	1000 (m ²)	990
ACA050	Escarificación del terreno	0,16	-	1000 (m ²)	160
XSE010	Estudio geotécnico	-	-	-	1896,66
ADP010	Extendido (terraplén)	-	9,52	1035 (m ³)	9853,2
	Humectación (terraplén)				
	Compactación (terraplén)				
	Control de calidad				
mq04res010cg	Transporte a vertedero	-	-	-	96,29
	Total				12.996,15

Tabla 3-8 Cuadro de descompuestos del movimiento de tierras [Autoría propia]

Cimentación

Código	Descripción de la actividad	€/m ²	€/m ³	Cantidad	Coste total (€)
CSZ010	Zapata de cimentación de hormigón armado	-	138.8	20 (m ³)	2.776
CSZ020	Sistema de encofrado para zapata de cimentación	14.20	-	58,09 (m ²)	824,9
CAV010	Vigas de cimentación	-	147,15	63,21m ³	9301,4
	Total				12.902,3

Tabla 3-9 Cuadro de descompuestos de la cimentación de la estructura [Autoría propia]

Revestimientos y pavimentos

Código	Descripción de la actividad	€/m ²	€/m ³	Cantidad	Coste total (€)
RSB005	Base de árido	1,37	-	690 (m ²)	945,3
NIS011	Impermeabilización exterior de soleras	21,13	-	690(m ²)	14579,7
ANS010	Solera de hormigón	12,34	-	690 (m ²)	8514,6
RSA025	Capa fina de mortero autonivelante de cemento (MAPEI SPAIN)	13,15	-	690 (m ²)	9073,5
RSN040	Pavimento continuo de hormigón pulido	31,51	-	690 (m ²)	21741,9
Total					54.855

Tabla 3-10 Cuadro de descompuestos de los revestimientos y pavimentos [Autoría propia]

Estructura metálica

Código	Descripción de la actividad	€/Ud	€/m ³	€/Kg	Cantidad(m)	Cantidad	Coste total (€)
EAS010	Acero en pilares de las series HE	-	-	2,09	-	21.399,5kg	44.725,95
EAV010	Acero en vigas IPE	-	-	2,09	-	11.419,6kg	23.866,98
XMS010	Inspección visual de soldaduras en estructuras metálicas	-	-	-	-	-	63,73
EAS006	Placas de anclaje	31,50	-	-	-	20	630
Total							69.286

Tabla 3-11 Cuadro de descompuestos de la estructura metálica [Autoría propia]

Se establece que la instalación eléctrica será subcontratada, obteniendo un presupuesto estimado de 29.132,68€ [48], en este presupuesto se encontrarán incluidos: La caja de protección, los armarios de cuadros eléctricos, conductores de cables, canalizaciones de cables, protecciones de circuitos y toma a tierra. Por el contrario, las luminarias no se encuentran recogidas en este presupuesto y serán mostradas en actividades secundarias.

Cubiertas y cerramientos

Código	Descripción de la actividad	€/m²	€/m³	€/Kg	Cantidad	Coste total (€)
QTM010	Cubierta inclinada de paneles de sándwich aislantes de acero, de 50mm de espesor, alma aislante de lana de roca	44,99	-	-	700,58(m ²)	31.519,1
FLM010	Cerramiento de fachada de paneles sándwich aislantes, de acero	42,55	-	-	450 (m ²)	19.147,5
-	Total	-				47.863,5

Tabla 3-12 Cuadro de descompuestos de las cubiertas y cerramientos [Autoría propia]

Actividades secundarias

Código	Descripción de la actividad	€/m²	€/Ud	€/Kg	Cantidad	Coste total (€)
-	Adquisición y colocación de lámparas en la nave industrial	-	124,95	-	12	1.499,4
RNP010	Pintura plástica sobre superficie metálica	17,73	-	-	874(m ²)	15.496,0
-	Adquisición y colocación del mobiliario en el interior de la nave industrial	-	-	-	-	7.925
-	Adquisición y colocación de puertas metálicas	-	-	-	-	2.000
-	Limpieza final	-	-	-	-	250
-	Total	-				27.170,4€

Tabla 3-13 Cuadro de descompuestos de las actividades secundaria [Autoría propia]

Todos los datos recogidos en la Tabla 3-8, Tabla 3-9, Tabla 3-10, Tabla 3-11, Tabla 3-12 y Tabla 3-13, de este presupuesto, han sido obtenidos mediante el generador de precios CYPE [49] y del sitio web habitissimo [50].

3.10.3 Presupuesto total

El presupuesto de ejecución material de las obras proyectadas asciende a **DOSCIENTOS CINCUENTA Y CUATRO MIL DOSCIENTOS SEIS euros con TRES céntimos (254.206,03€)**.

Incrementando el presupuesto de ejecución material en los porcentajes correspondientes a gastos generales y beneficio industrial, se alcanza un importe neto de **TRESCIENTOS DOS MIL QUINIENTOS CINCO euros con DIECISIETE céntimos (302.505,17€)**.

El importe correspondiente al IVA asciende a la cantidad de **SESENTA Y TRES MIL QUINIENTOS VEINTISÉIS euros con NUEVE céntimos (63.526,09€)**.

El presupuesto base de licitación asciende a la cantidad de **TRESCIENTOS SESENTA Y SEIS MIL TREINTA Y UN euros con VEINTICINCO céntimos (366.031,25€)**.

A continuación, se muestra en la Tabla 3-14, un cuadro resumen del presupuesto global del proyecto.

Presupuesto total de ejecución material	254.206,03€
13% Gastos Generales	33.046,78€
6% Beneficio Industrial	15.252,36€
Base imponible	302.505,17€
21% IVA	63.526,09€
Presupuesto base de licitación	366.031,25€

Tabla 3-14 Cuadro resumen [Autoría propia]

3.11 Listado de actividades

A continuación, se proceden a numerar las actividades que se llevarán a cabo en el proyecto, obteniendo en consecuencia la matriz que se observa en la Tabla 3-15.

Número de tarea	Tarea
1	Inicio de la obra (actividad ficticia)
2	Inicio del movimiento de tierras (actividad ficticia)
3	Demoliciones
4	Bote de escombros
5	Desbroce del terreno
6	Despalme del terreno
7	Escarificación del terreno
8	Estudio del geotécnico del terreno
9	Finalización del movimiento de tierras (actividad ficticia)
10	Inicio de la construcción del terraplén (actividad ficticia)
11	Extendido
12	Humectación
13	Compactación
14	Limpieza del terreno
15	Control de calidad del terraplén
16	Finalización de la construcción del terraplén (actividad ficticia)
17	Inicio de la cimentación
18	Elaboración de las zapatas
19	Elaboración de las vigas de cimentación
20	Colocación de la capa de gravilla
21	Elaboración y colocación de la solera
22	Colocación de las capas de aislantes
23	Finalización de la cimentación (actividad ficticia)
24	Inicio de colocación de la estructura metálica
25	Colocación de los pórticos metálicos
26	Colocación de los arrostramientos (cruces de san Andrés)
27	Colocación de las correas y la cubierta
28	Colocación del cerramiento lateral de la nave
29	Finalización de la estructura metálica (actividad ficticia)
30	Inicio de la instalación eléctrica
31	Instalación eléctrica al completo

32	Suministro de lámparas para la nave industrial
33	Colocación de luminarias en la nave industrial
34	Finalización de la instalación eléctrica (actividad ficticia)
35	Inicio de actividades secundarias (actividad ficticia)
36	Pintado de los cerramientos laterales
37	Colocación del mobiliario en la nave industrial
38	Colocación de puertas metálicas en la fachada
39	Transporte de materiales
40	Limpieza final
41	Finalización actividades secundarias (actividad ficticia)
42	Fin de la obra (actividad ficticia)

Tabla 3-15 Listado de actividades [Autoría propia]

3.12 Matriz de antecedentes

Seguidamente, en la Tabla 3-16, se establecen las relaciones de precedencia de todas las actividades llevadas a cabo.

Número de tarea	Tarea	Antecedente
1	Inicio de la obra (actividad ficticia)	-
2	Inicio del movimiento de tierras (actividad ficticia)	1
3	Demoliciones	2
4	Bote de escombros	3
5	Desbroce del terreno	4
6	Despalme del terreno	5CC+1 día
7	Escarificación del terreno	6CC+0,5 días
8	Estudio del geotécnico del terreno	5,6,7
9	Finalización del movimiento de tierras (actividad ficticia)	8
10	Inicio de la construcción del terraplén (actividad ficticia)	9
11	Extendido	10
12	Humectación	11
13	Compactación	12
14	Limpieza del terreno	13
15	Control de calidad del terraplén	13
16	Finalización de la construcción del terraplén (actividad ficticia)	14,15
17	Inicio de la cimentación	16
18	Elaboración de las zapatas	17

19	Elaboración de las vigas de cimentación	17
20	Colocación de la capa de gravilla	18,19
21	Elaboración y colocación de la solera	20
22	Colocación de las capas de aislantes	21
23	Finalización de la cimentación (actividad ficticia)	22
24	Inicio de colocación de la estructura metálica	23
25	Colocación de los pórticos metálicos	24
26	Colocación de los arrostramientos (cruces de san Andrés)	25CC+3 días
27	Colocación de las correas y la cubierta	25,26
28	Colocación del cerramiento lateral de la nave	27
29	Finalización de la estructura metálica (actividad ficticia)	28
30	Inicio de la instalación eléctrica	29
31	Instalación eléctrica al completo	30
32	Suministro de lámparas para la nave industrial	30
33	Colocación de luminarias en la nave industrial	30,31
34	Finalización de la instalación eléctrica (actividad ficticia)	33
35	Inicio de actividades secundarias (actividad ficticia)	34
36	Pintado de los cerramientos laterales	29
37	Colocación del mobiliario en la nave industrial	35
38	Colocación de puertas metálicas en la fachada	35
39	Transporte de materiales	36,37,38
40	Limpieza final	38
41	Finalización actividades secundarias (actividad ficticia)	40
42	Fin de la obra (actividad ficticia)	41

Tabla 3-16 Matriz de antecedentes [Autoría propia]

3.13 Matriz de secuencias

Del mismo modo, se puede representar una matriz de secuencias, matriz que se encuentra en estrecha relación con la descrita en el apartado anterior y que se muestra en la Tabla 3-17.

Número de tarea	Tarea	Actividades posteriores que realizar
1	Inicio de la obra (actividad ficticia)	2
2	Inicio del movimiento de tierras (actividad ficticia)	3
3	Demoliciones	4
4	Bote de escombros	5
5	Desbroce del terreno	6,8

6	Despalme del terreno	7,8
7	Escarificación del terreno	8
8	Estudio del geotécnico del terreno	9
9	Finalización del movimiento de tierras (actividad ficticia)	10
10	Inicio de la construcción del terraplén (actividad ficticia)	11
11	Extendido	12
12	Humectación	13
13	Compactación	14,15
14	Limpieza del terreno	16
15	Control de calidad del terraplén	16
16	Finalización de la construcción del terraplén (actividad ficticia)	17
17	Inicio de la cimentación	18,19
18	Elaboración de las zapatas	20
19	Elaboración de las vigas de cimentación	20
20	Colocación de la capa de gravilla	21
21	Elaboración y colocación de la solera	22
22	Colocación de las capas de aislantes	23
23	Finalización de la cimentación (actividad ficticia)	24
24	Inicio de colocación de la estructura metálica	25
25	Colocación de los pórticos metálicos	26,27
26	Colocación de los arrostramientos (cruces de san Andrés)	28
27	Colocación de las correas y la cubierta	28
28	Colocación del cerramiento lateral de la nave	29
29	Finalización de la estructura metálica (actividad ficticia)	30,36,38
30	Inicio de la instalación eléctrica	31,32
31	Instalación eléctrica al completo	33
32	Suministro de lámparas para la nave industrial	33
33	Colocación de luminarias en la nave industrial	34
34	Finalización de la instalación eléctrica (actividad ficticia)	35
35	Inicio de actividades secundarias (actividad ficticia)	37
36	Pintado de los cerramientos laterales	39,40
37	Colocación del mobiliario en la nave industrial	39,40
38	Colocación de puertas metálicas en la fachada	39,40
39	Transporte de materiales	41
40	Limpieza final	41

41	Finalización actividades secundarias (actividad ficticia)	42
42	Fin de la obra (actividad ficticia)	-

Tabla 3-17 Matriz de secuencias [Autoría propia]

3.14 Matriz de tiempos

Una vez se han establecido las precedencias de las actividades, se determinan los tiempos de finalización optimistas, pesimistas y más probables que componen cada tarea del proyecto. En la Tabla 3-18 se puede observar la matriz de tiempos concerniente al presente trabajo.

Número de tarea	Tarea	Tiempo más optimista (a)	Tiempo más pesimista (b)	Tiempo más probable (m)	Tiempo estimado
1	Inicio de la obra (actividad ficticia)	-	-	-	-
2	Inicio del movimiento de tierras (actividad ficticia)	-	-	-	-
3	Demoliciones	3	5	4	4
4	Bote de escombros	1	2	1,5	1,5
5	Desbroce del terreno	1	2,5	1,5	1,5
6	Despalme del terreno	0,5	1,5	1	1
7	Escarificación del terreno	0,5	2	1	1
8	Estudio del geotécnico del terreno	1	2	1,5	1,5
9	Finalización del movimiento de tierras (actividad ficticia)	-	-	-	-
10	Inicio de la construcción del terraplén (actividad ficticia)	-	-	-	-
11	Extendido	3	6	4	4
12	Humectación	1	3	1,5	1,5
13	Compactación	1	2,5	1,5	1,5
14	Limpieza del terreno	0,5	2	1	1
15	Control de calidad del terraplén	0,5	1,5	1	1
16	Finalización de la construcción del terraplén (actividad ficticia)	-	-	-	-
17	Inicio de la cimentación	-	-	-	-
18	Elaboración de las zapatas	3	5	4	4

19	Elaboración de las vigas de cimentación	2	4	2,5	2,5
20	Colocación de la capa de gravilla	1	2	1,5	1,5
21	Elaboración y colocación de la solera	2	4	3	3
22	Colocación de las capas de aislantes	1	2	1,5	1,5
23	Finalización de la cimentación (actividad ficticia)	-	-	-	-
24	Inicio de colocación de la estructura metálica	-	-	-	-
25	Colocación de los pórticos metálicos	5	9	7	7
26	Colocación de los arrostramientos (cruces de san Andrés)	1	2,5	1,5	1,5
27	Colocación de las correas y la cubierta	5	8,5	7	7
28	Colocación del cerramiento lateral de la nave	5	8	6	6
29	Finalización de la estructura metálica (actividad ficticia)	-	-	-	-
30	Inicio de la instalación eléctrica	-	-	-	-
31	Instalación eléctrica al completo	9	15	12	12
32	Suministro de lámparas para la nave industrial	1	2	1	1
33	Colocación de luminarias en la nave industrial	1	2	1,5	1,5
34	Finalización de la instalación eléctrica (actividad ficticia)	-	-	-	-
35	Inicio de actividades secundarias (actividad ficticia)	-	-	-	-
36	Pintado de los cerramientos laterales	2	3,5	2,5	2,5

37	Colocación del mobiliario en la nave industrial	2	3,5	3	3
38	Colocación de puertas metálicas en la fachada	2	4	2,5	2,5
39	Transporte de materiales	1	2	1,5	1,5
40	Limpieza final	1	2	1,5	1,5
41	Finalización actividades secundarias (actividad ficticia)	-	-	-	-
42	Fin de la obra (actividad ficticia)	-	-	-	-

Tabla 3-18 Matriz de tiempos [Autoría propia]

3.15 Matriz de información

Por último, la matriz de información que podemos visualizar en Tabla 3-19, mostrará de forma resumida, las actividades posteriores que se realizan tras la finalización de una determinada tarea, además del tiempo estimado de duración de cada actividad.

Número de tarea	Tarea	Actividades posteriores que realizar	Tiempo estimado
1	Inicio de la obra (actividad ficticia)	2	-
2	Inicio del movimiento de tierras (actividad ficticia)	3	-
3	Demoliciones	4	4
4	Bote de escombros	5	1,5
5	Desbroce del terreno	6,8	1,5
6	Despalme del terreno	7,8	1
7	Escarificación del terreno	8	1
8	Estudio del geotécnico del terreno	9	1,5
9	Finalización del movimiento de tierras (actividad ficticia)	10	-
10	Inicio de la construcción del terraplén (actividad ficticia)	11	-
11	Extendido	12	4
12	Humectación	13	1,5
13	Compactación	14,15	1,5
14	Limpieza del terreno	16	1
15	Control de calidad del terraplén	16	1
16	Finalización de la construcción del terraplén (actividad ficticia)	17	-

	ficticia)		
17	Inicio de la cimentación	18,19	-
18	Elaboración de las zapatas	20	4
19	Elaboración de las vigas de cimentación	20	2,5
20	Colocación de la capa de gravilla	21	1,5
21	Elaboración y colocación de la solera	22	3
22	Colocación de las capas de aislantes	23	1,5
23	Finalización de la cimentación (actividad ficticia)	24	-
24	Inicio de colocación de la estructura metálica	25	-
25	Colocación de los pórticos metálicos	26,27	7
26	Colocación de los arrostramientos (cruces de san Andrés)	27	1,5
27	Colocación de las correas y la cubierta	28	7
28	Colocación del cerramiento lateral de la nave	29	6
29	Finalización de la estructura metálica (actividad ficticia)	30,36,38	-
30	Inicio de la instalación eléctrica	31,32	-
31	Instalación eléctrica al completo	33	12
32	Suministro de lámparas para la nave industrial	33	1
33	Colocación de luminarias en la nave industrial	34	1,5
34	Finalización de la instalación eléctrica (actividad ficticia)	35	-
35	Inicio de actividades secundarias (actividad ficticia)	37	-
36	Pintado de los cerramientos laterales	39,40	2,5
37	Colocación del mobiliario en la nave industrial	39,40	3
38	Colocación de puertas metálicas en la fachada	39,40	2,5
39	Transporte de materiales	41	1,5
40	Limpieza final	41	1,5
41	Finalización actividades secundarias (actividad ficticia)	42	-
42	Fin de la obra (actividad ficticia)	-	-

Tabla 3-19 Matriz de información [Autoría propia]

3.16 Red de actividades (diagramas Gantt y diagramas de red)

A continuación, en este apartado se representará la red de actividades concerniente al proyecto de construcción de la nave industrial. Red diseñada con el soporte informático Microsoft Project y descrito en el apartado 2.6.1 del presente trabajo.

En primer lugar, en la Ilustración 3-19, se muestra el listado de actividades que engloba a todo el conjunto del proyecto.

Modo de tarea ▼	Nombre de tarea ▼	Duración ▼	Tp ▼	To ▼	Comienzo ▼	Fin ▼
→	▸ Construcción de nave industrial	66 días	0 días	0 días	lun 12/03/18	lun 11/06/18
→	▸ Inicio de la obra	0 días	0 días	0 días	lun 12/03/18	lun 12/03/18
→	▸ Movimiento de tierras	9,5 días	0 días	0 días	lun 12/03/18	vie 23/03/18
→	▸ Terraplenado	8 días	0 días	0 días	vie 23/03/18	mié 04/04/18
→	▸ Cimentación	10 días	0 días	0 días	mié 04/04/18	mié 18/04/18
→	▸ Estructura metálica	20 días	0 días	0 días	mié 18/04/18	mié 16/05/18
→	▸ Instalación eléctrica	13,5 días	0 días	0 días	mié 16/05/18	lun 04/06/18
→	▸ Actividades secundarias	18,5 días	0 días	0 días	mié 16/05/18	lun 11/06/18

Ilustración 3-19 Actividades agrupadas según su naturaleza [Autoría propia]

Como se puede apreciar, todas las tareas que conforman el proyecto se encuentran automatizadas, es decir, al establecer las relaciones de precedencias de las actividades e introducir su duración estimada, automáticamente en función del calendario y los horarios de trabajo previamente introducidos, se estimará una fecha de finalización de cada actividad. En el caso de estudio, se ha seleccionado un calendario estándar y un horario de trabajo de 8 horas diarias a cumplir por los trabajadores. Antes de comenzar a detallar el periodo de tiempo que abarca cada actividad y las diferentes subtareas asociadas a cada una de ellas, se hace necesario mencionar que aquellas actividades que posean una duración de 0 días son consideradas actividades ficticias.

La construcción de la nave industrial está prevista que se complete en 66 días laborables. En este periodo de tiempo se irán completando todas aquellas actividades previamente descritas, las cuales van a ser mostradas por orden de realización.

En la Ilustración 3-20, se adjunta una imagen correspondiente a la duración global del proyecto. En esta imagen queda ilustrada la fecha de inicio del proyecto, prevista para el 12 de marzo del presente año y su fecha de finalización, el 11 de junio de 2018.

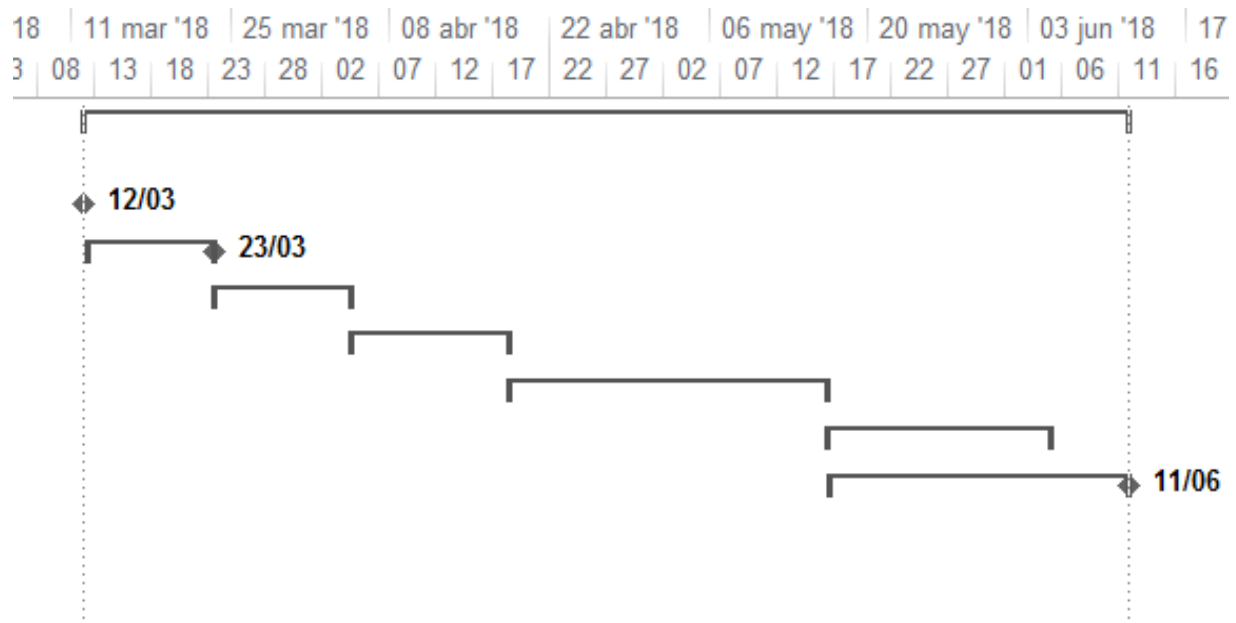


Ilustración 3-20 Diagrama mostrando la duración global del proyecto [Autoría propia]

Una vez contextualizado el proyecto de una forma global, se procede a analizar de forma más detallada todas las actividades que conforman el proyecto.

En primer lugar, la primera tarea principal que encontramos es el movimiento de tierras. Para completar esta tarea de forma completa, será necesario completar todas y cada una de las sub-tareas implícitas en ella: las demoliciones correspondientes, el bote de escombros, el desbroce del terreno y por último el estudio geotécnico del terreno. Si la actividad se desarrolla de forma correcta y sin retrasos, está previsto que se complete en 9,5 días, dándose por completada el viernes 23 de marzo.

de tarea	Nombre de tarea	Duración	Tp	To	Comienzo	Fin
→	▲ Construcción de nave industrial	66 días	0 días	0 días	lun 12/03/18	lun 11/06/18
→	Inicio de la obra	0 días	0 días	0 días	lun 12/03/18	lun 12/03/18
→	▲ Movimiento de tierras	9,5 días	0 días	0 días	lun 12/03/18	vie 23/03/18
→	Demoliciones	4 días	5 días	3 días	lun 12/03/18	jue 15/03/18
→	Bote de escombros	1,5 días	2 días	1 día	vie 16/03/18	lun 19/03/18
→	Desbroce del terreno	1,5 días	2,5 días	1 día	lun 19/03/18	mar 20/03/18
→	Despalme del terreno	1 día	1,5 días	0,5 días	mar 20/03/18	mié 21/03/18
→	Escarificación del terreno	1 día	2 días	0,5 días	mié 21/03/18	mié 21/03/18
→	Estudio del terreno para posterior inicio de la construcción del terraplén	1,5 días	2 días	1 día	jue 22/03/18	vie 23/03/18
→	Finalización del movimiento de	0 días	0 días	0 días	vie 23/03/18	vie 23/03/18
→	▷ Terraplenado	8 días	0 días	0 días	vie 23/03/18	mié 04/04/18
→	▷ Cimentación	10 días	0 días	0 días	mié 04/04/18	mié 18/04/18
→	▷ Estructura metálica	20 días	0 días	0 días	mié 18/04/18	mié 16/05/18
→	▷ Instalación eléctrica	13,5 días	0 días	0 días	mié 16/05/18	lun 04/06/18
→	▷ Actividades secundarias	18,5 días	0 días	0 días	mié 16/05/18	lun 11/06/18

Ilustración 3-21 Subtareas incluidas en los movimientos de tierra [Autoría propia]

En la Ilustración 3-22, se muestra el diagrama Gantt correspondiente a este primer conjunto de tareas. Se puede observar que la relación de precedencia de cada subtarea es respetada, llevándose a cabo con el objetivo de reducir el tiempo global de ejecución de la actividad.

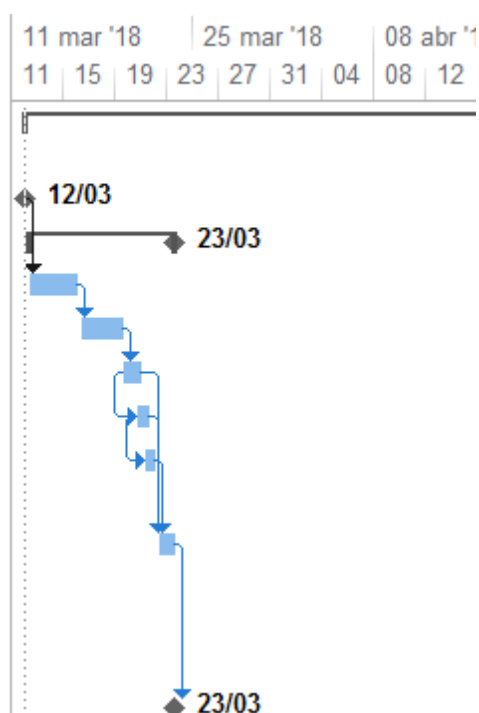


Ilustración 3-22 Diagrama Gantt correspondiente a las subtareas incluidas en los movimientos de tierra [Autoría propia]

A continuación, en la Ilustración 3-23, se muestra la segunda tarea principal, la construcción del terraplén. Para completar esta tarea de forma completa, será necesario completar de la misma forma que en el movimiento de tierras todas y cada una de las subtareas implícitas en ella: el extendido, compactación y humectación del terreno, una limpieza del terreno posterior a la construcción y finalmente un control de calidad para comprobar que en efecto se ha construido con la calidad establecida. Si la actividad se desarrolla de forma correcta y sin retrasos, está previsto que se complete en 8 días, dándose por completada el miércoles 04 de abril.

→	▸ Terraplenado	8 días	0 días	0 días	vie 23/03/18	mié 04/04/18
→	Inicio de la construcción del terraplén (actividad)	0 días	0 días	0 días	vie 23/03/18	vie 23/03/18
→	Extendido	4 días	6 días	3 días	vie 23/03/18	jue 29/03/18
→	Humectación	1,5 días	4 días	1 día	jue 29/03/18	vie 30/03/18
→	Compactación	1,5 días	2,5 días	1 día	lun 02/04/18	mar 03/04/18
→	Limpieza del terreno	1 día	2 días	0,5 días	mar 03/04/18	mié 04/04/18
→	Control de calidad del terraplén	1 día	1,5 días	0,5 días	mar 03/04/18	mié 04/04/18
→	Finalización de la construcción del terraplén	0 días	0 días	0 días	mié 04/04/18	mié 04/04/18
→	▸ Cimentación	10 días	0 días	0 días	mié 04/04/18	mié 18/04/18
→	▸ Estructura metálica	20 días	0 días	0 días	mié 18/04/18	mié 16/05/18
→	▸ Instalación eléctrica	13,5 días	0 días	0 días	mié 16/05/18	lun 04/06/18
→	▸ Actividades secundarias	18,5 días	0 días	0 días	mié 16/05/18	lun 11/06/18

Ilustración 3-23 Subtareas incluidas en la construcción del terraplén [Autoría propia]

Del mismo modo, en el diagrama Gantt que se puede observar en la Ilustración 3-24, quedan representadas todas las subtareas encuadradas en esta actividad.

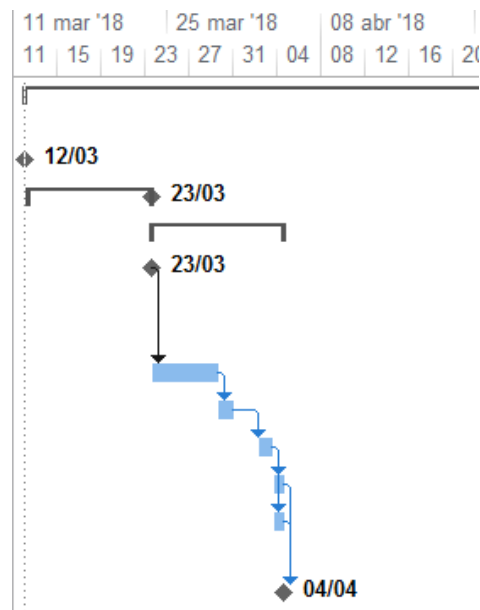


Ilustración 3-24 Diagrama Gantt correspondiente a las subtareas incluidas en la construcción del terraplén [Autoría propia]

Continuando con el análisis, pasamos a analizar la tercera tarea representada en la Ilustración 3-25, la realización de la cimentación de la obra. Para realizar con éxito esta tarea, será necesario completar de la misma forma que en los casos anteriores todas las subtareas que se encuentran implícitas en ella: la elaboración de las zapatas y las vigas de cimentación, la colocación de la capa de gravilla, la elaboración y colocación de la solera, y por último la colocación de las capas de aislantes, del autonivelante y del pavimento final. Si la actividad se desarrolla de forma correcta y sin retrasos, está previsto que se complete en 10 días hábiles, dándose por completada el miércoles 18 de abril.

→	▸ Cimentación	10 días	0 días	0 días	mié 04/04/18	mié 18/04/18	
→	Inicio de la cimentación	0 días	0 días	0 días	mié 04/04/18	mié 04/04/18	1
→	Elaboración de las zapatas	4 días	5 días	3 días	mié 04/04/18	mar 10/04/18	2
→	Construcción de las vigas de cimentación	2,5 días	4 días	2 días	mié 04/04/18	vie 06/04/18	2
→	Colocación de la capa de gravilla	1,5 días	2 días	1 día	mar 10/04/18	mié 11/04/18	2
→	Elaboración y colocación de la solera	3 días	4 días	2 días	jue 12/04/18	lun 16/04/18	2
→	Colocación de las capas de aislantes	1,5 días	2 días	1 día	mar 17/04/18	mié 18/04/18	2
→	Finalización de la cimentación	0 días	0 días	0 días	mié 18/04/18	mié 18/04/18	2
→	▸ Estructura metálica	20 días	0 días	0 días	mié 18/04/18	mié 16/05/18	
→	▸ Instalación eléctrica	13,5 días	0 días	0 días	mié 16/05/18	lun 04/06/18	
→	▸ Actividades secundarias	18,5 días	0 días	0 días	mié 16/05/18	lun 11/06/18	

Ilustración 3-25 Subtareas incluidas en la elaboración de la cimentación [Autoría propia]

En la Ilustración 3-26 se muestra el diagrama Gantt correspondiente a esta actividad.

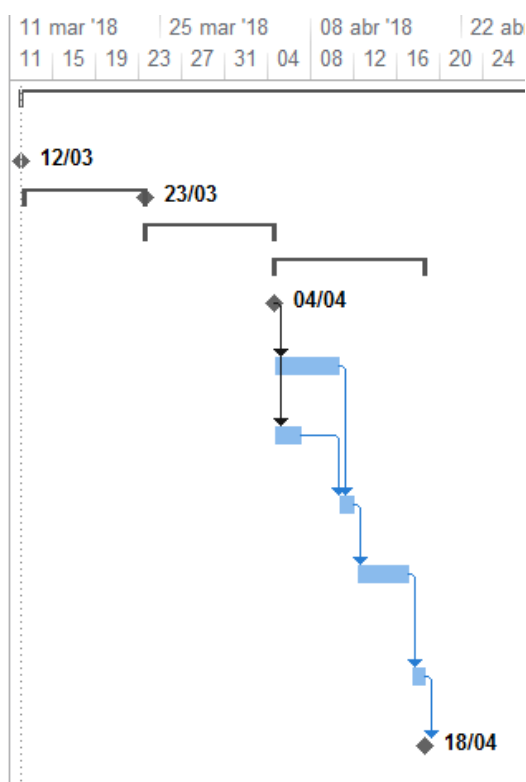


Ilustración 3-26 Diagrama Gantt correspondiente a las subtarefas incluidas en elaboración de la cimentación
[Autoría propia]

A continuación, se realiza la construcción de la estructura metálica. Para realizar con éxito y al completo esta tarea, será necesario realizar la colocación de los pórticos metálicos, de las cruces de san Andrés y de las correas. Además, se colocarán los cerramientos laterales y la cubierta de la nave. Si la actividad se desarrolla de forma correcta y sin retrasos, está previsto que se complete en 20 días hábiles, dándose por completada el miércoles 16 de mayo.

→	Estructura metálica	20 días	0 días	0 días	mié 18/04/18	mié 16/05/18
→	Comienzo de la colocación de la estructura metálica	0 días	0 días	0 días	mié 18/04/18	mié 18/04/18
→	Colocación de los pórticos metálicos	7 días	9 días	5 días	mié 18/04/18	vie 27/04/18
→	Colocación de los arriostamientos (cruces de san	1,5 días	2,5 días	1 día	lun 23/04/18	mar 24/04/18
→	Colocación de las correas y la cubierta	7 días	8,5 días	5 días	vie 27/04/18	mar 08/05/18
→	Colocación del cerramiento lateral de la nave	6 días	8 días	5 días	mar 08/05/18	mié 16/05/18
→	Finalización de la estructura metálica	0 días	0 días	0 días	mié 16/05/18	mié 16/05/18
→	▷ Instalación eléctrica	13,5 días	0 días	0 días	mié 16/05/18	lun 04/06/18
→	▷ Actividades secundarias	18,5 días	0 días	0 días	mié 16/05/18	lun 11/06/18

Ilustración 3-27 Subtarefas incluidas en la puesta de la estructura metálica [Autoría propia]

En la Ilustración 3-28 se muestra el diagrama Gantt correspondiente a esta actividad, englobando las cuatro subtareas que la componen.

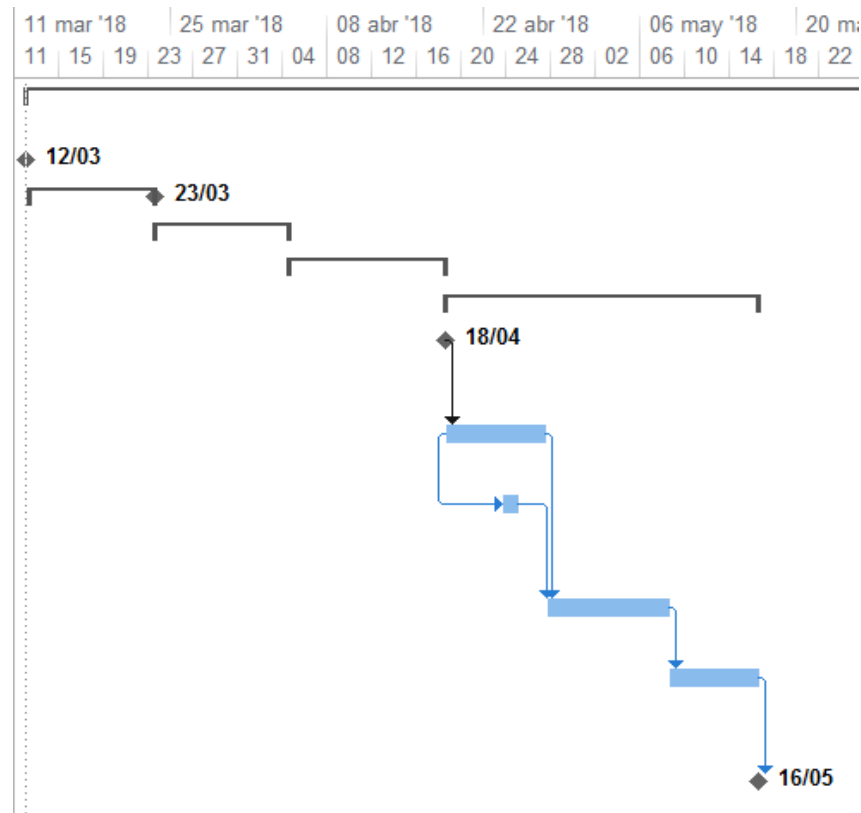


Ilustración 3-28 Diagrama Gantt correspondiente a las subtareas incluidas en la colocación de la estructura metálica [Autoría propia]

Con respecto a la instalación eléctrica, cabe destacar que estará compuesta por 3 subtareas: una primera subtarea que se centrará en la instalación eléctrica de las diferentes tomas, una segunda tarea que consistirá en la adquisición de luminarias para la nave, y una tercera tarea de colocación de las luminarias en la nave industrial. Si la actividad se desarrolla de forma correcta y sin retrasos, está previsto que se complete en 13,5 días hábiles, dándose por completada el lunes 04 de junio.

➡	4 Instalación eléctrica	13,5 días	0 días	0 días	mié 16/05/18	lun 04/06/18
➡	Comienzo de la instalación eléctrica	0 días	0 días	0 días	mié 16/05/18	mié 16/05/18
➡	Instalación eléctrica al completo	12 días	15 días	9 días	mié 16/05/18	vie 01/06/18
➡	Suministro de lámparas para la nave	1 día	2 días	1 día	mié 16/05/18	jue 17/05/18
➡	Colocación de lámparas en la nave	1,5 días	2 días	1 día	vie 01/06/18	lun 04/06/18
➡	Finalización de la instalación eléctrica	0 días	0 días	0 días	lun 04/06/18	lun 04/06/18
➡	▷ Actividades secundarias	18,5 días	0 días	0 días	mié 16/05/18	lun 11/06/18

Ilustración 3-29 Subtareas incluidas en la instalación eléctrica [Autoría propia]

Al igual que en los apartados anteriores, se adjunta en la Ilustración 3-30, el diagrama de Gantt correspondiente a esta actividad.

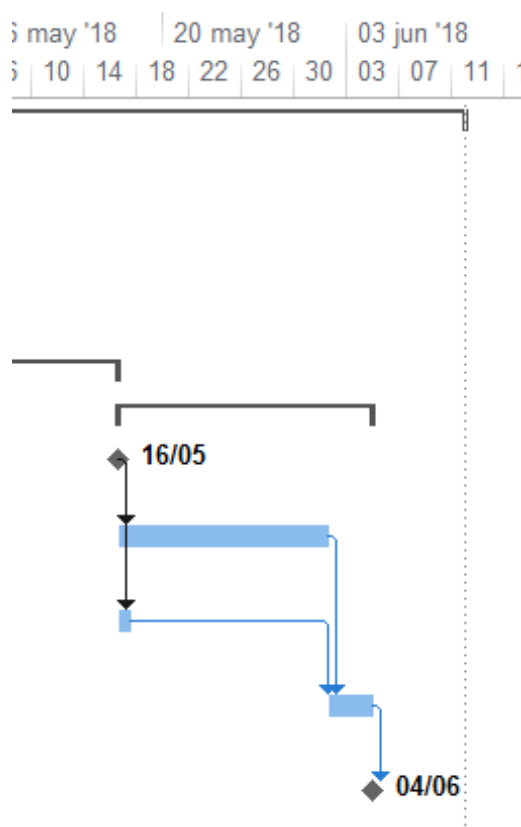


Ilustración 3-30 Diagrama Gantt correspondiente a la instalación eléctrica [Autoría propia]

Para finalizar, se analizan el conjunto de actividades que pondrán fin a la construcción de la nave industrial en la Escuela Naval Militar. Dentro de esta tarea, encontramos aquellas subtareas relacionadas con el pintado de los cerramientos, la colocación del mobiliario y la puerta metálica en el interior de la nave y por último el transporte de materiales y limpieza final de la instalación. Si la actividad se desarrolla de forma correcta y sin retrasos, como se puede observar en la Ilustración 3-31, está previsto que se complete en 18,5 días hábiles, dándose por completada el lunes 11 de junio.

	Actividades secundarias	18,5 días	0 días	0 días	mié 16/05/18	lun 11/06/18
	Inicio de actividades secundarias	0 días	0 días	0 días	lun 04/06/18	lun 04/06/18
	Pintado de los cerramientos	2,5 días	3,5 días	2 días	mié 16/05/18	vie 18/05/18
	Colocación de repisas y mobiliario	3 días	3,5 días	2 días	mar 05/06/18	jue 07/06/18
	Colocación de puertas metálicas en la fachada	2,5 días	4 días	2 días	mié 16/05/18	vie 18/05/18
	Transporte de materiales	2 días	3 días	1 día	vie 08/06/18	lun 11/06/18
	Limpieza final	1,5 días	2 días	1 día	vie 08/06/18	lun 11/06/18
	Finalización de las tareas secundarias	0 días	0 días	0 días	lun 11/06/18	lun 11/06/18
	Fin de la obra	0 días	0 días	0 días	lun 11/06/18	lun 11/06/18

Ilustración 3-31 Subtareas incluidas en las actividades secundarias [Autoría propia]

A continuación, se muestra en la Ilustración 3-32, el diagrama de Gantt correspondiente a estas subtareas encuadradas en las actividades secundarias.

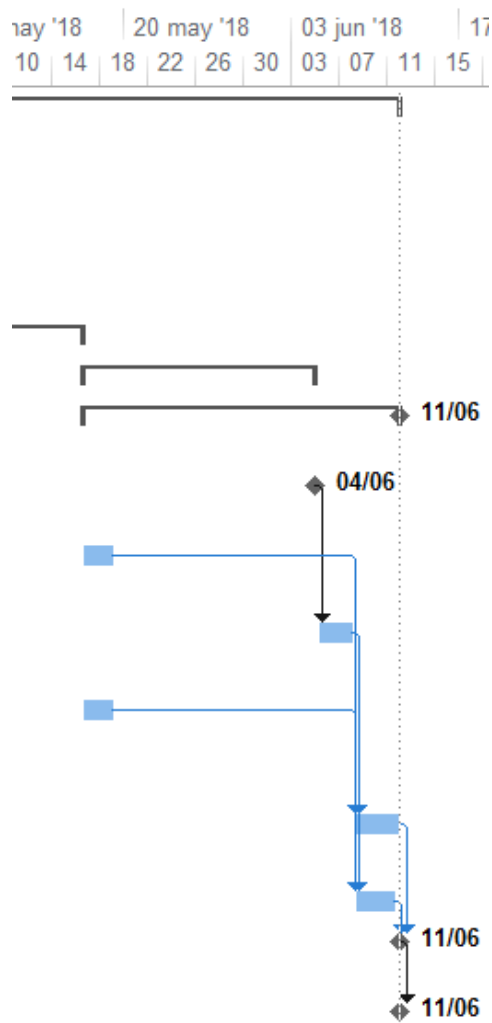


Ilustración 3-32 Diagrama Gantt correspondiente a las subtareas incluidas en las actividades secundarias
[Autoría propia]

Para finalizar este apartado y con el firme objetivo de facilitar la comprensión de todas las actividades expuestas en los apartados superiores, se adjunta la Ilustración 3-33 y la Ilustración 3-34, que mostrarán al lector el diagrama de Gantt del proyecto completo.

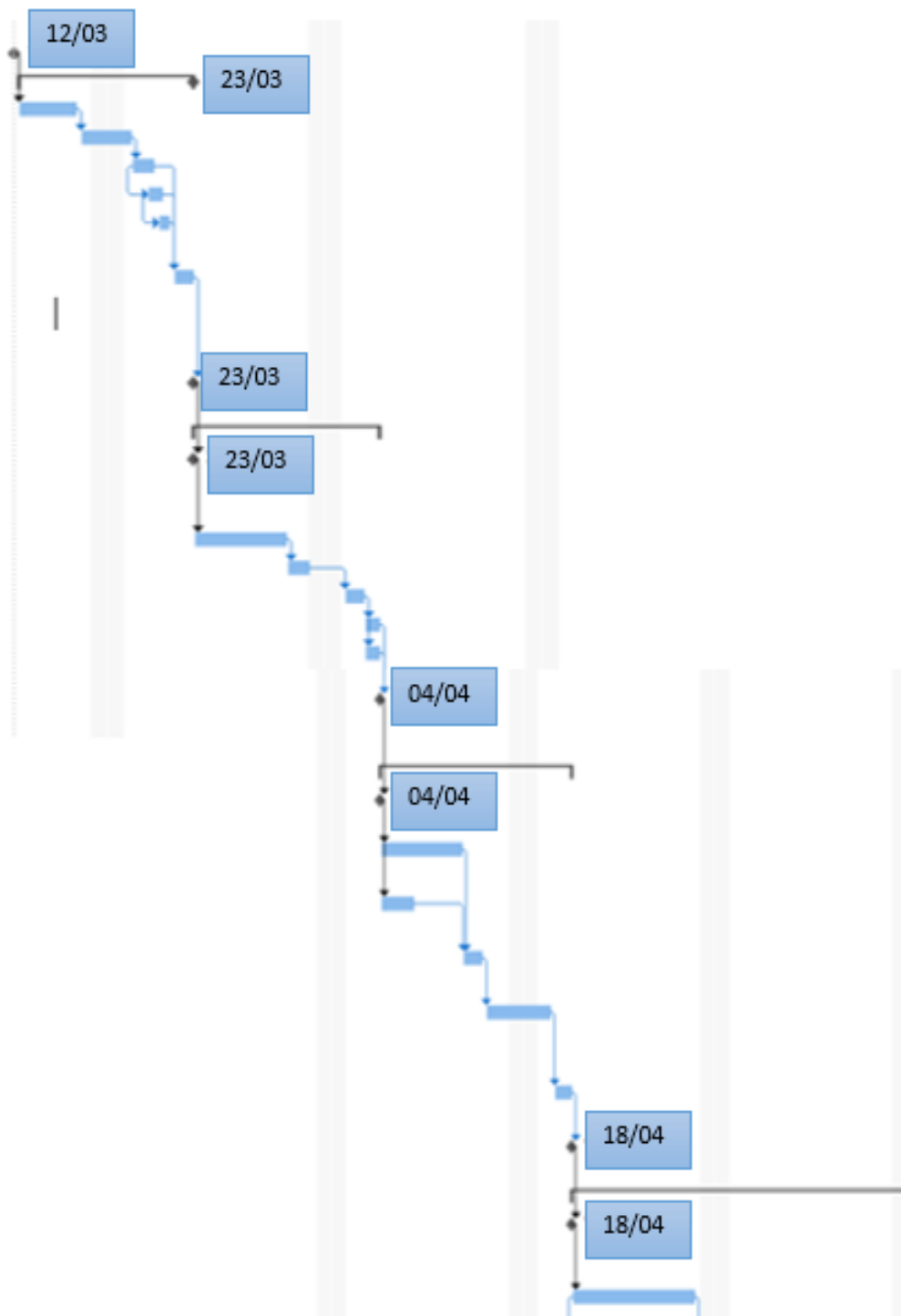


Ilustración 3-33 Diagrama Gantt del proyecto total (1) [Autoría propia]

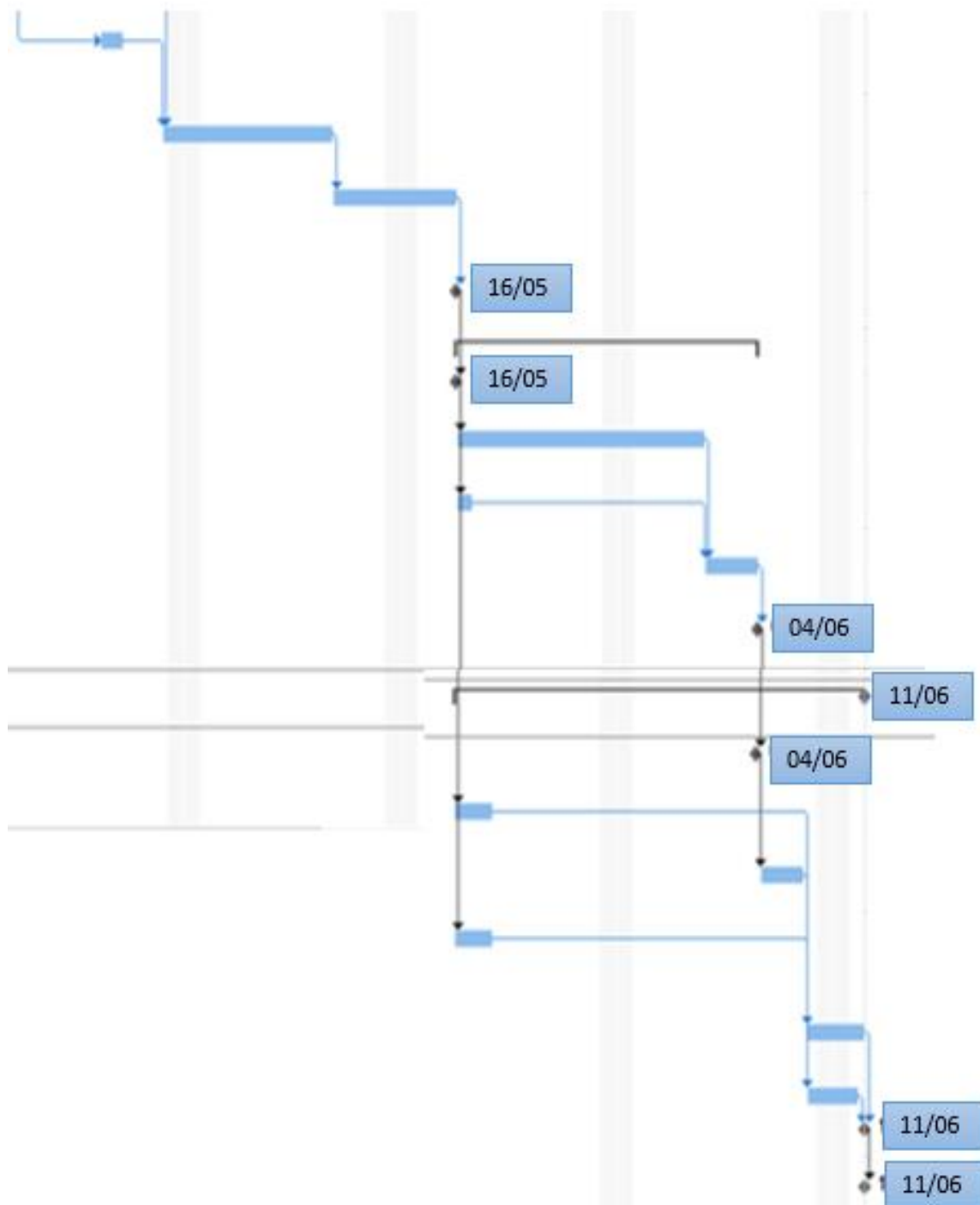


Ilustración 3-34 Diagrama Gantt del proyecto total (2) [Autoría propia]

Una vez representados los distintos diagramas de Gantt que componen el proyecto, se procede a representar el diagrama de red, en el cual se podrá apreciar el camino crítico, los tiempos más tempranos y tardíos de inicio y finalización de las actividades y las diferentes holguras que encontraremos en estas tareas.

Por motivos del formato seguido en este trabajo y con objeto de mostrar unas ilustraciones con una calidad de imagen aceptable, se hace imposible la representación del diagrama de red al completo. Por

ello, se ha decidido mostrar los cuadros correspondientes a las distintas actividades de forma sucesiva y no tal y como viene representado en Microsoft Project.

El formato de cuadros que se ha utilizado para representar todas las tareas y subtareas del proyecto ha sido diseñado con el objetivo de mostrar al lector de una forma sencilla las características básicas de cada actividad. Además, el código de colores utilizado indicará si la actividad forma parte del camino crítico (color rojo), no conforma parte del camino crítico (color blanco) o en el caso de ser ficticia y poseer consecuentemente una duración 0 días (color verde).

Antes de proceder a representar todos estos cuadros de información, se hace necesaria la explicación de la información que se va a obtener en cada apartado del cuadro. En primer lugar, en la parte superior izquierda se podrá observar la fecha de inicio más temprana, seguidamente, al descender por el cuadro se observará la fecha de inicio más tardía y finalmente se hallará la holgura de esa actividad. En el lado derecho del cuadro, se podrá observar la fecha correspondiente al final más temprano, seguidamente la fecha correspondiente al final más tardía, y por último la duración (en días) de la actividad.

A continuación, y por motivos de organización del proyecto, se adjunta una matriz resumen en la Tabla 3-20, matriz que recoge todos los datos proporcionados por los cuadros de información del diagrama de red y en la que se encuentran señaladas de color azul, aquellas actividades no críticas del proyecto.

Número de tarea	Tarea	IMTE	IMTA	FMTE	FMTA	Holgura
1	Inicio de la obra (actividad ficticia)	12/03/18	12/03/18	12/03/18	12/03/18	0
2	Inicio del movimiento de tierras (actividad ficticia)	12/03/18	12/03/18	12/03/18	12/03/18	0
3	Demoliciones	12/03/18	12/03/18	15/03/18	15/03/18	0
4	Bote de escombros	16/03/18	16/03/18	19/03/18	19/03/18	0
5	Desbroce del terreno	19/03/18	19/03/18	20/03/18	20/03/18	0
6	Despalme del terreno	20/03/18	20/03/18	21/03/18	21/03/18	0
7	Escarificación del terreno	21/03/18	21/03/18	21/03/18	21/03/18	0
8	Estudio del geotécnico del terreno	22/03/18	22/03/18	23/03/18	23/03/18	0
9	Finalización del movimiento de tierras (actividad ficticia)	23/03/18	23/03/18	23/03/18	23/03/18	0
10	Inicio de la construcción del terraplén (actividad ficticia)	23/03/18	23/03/18	23/03/18	23/03/18	0
11	Extendido	23/03/18	23/03/18	29/03/18	29/03/18	0
12	Humectación	29/03/18	29/03/18	30/03/18	30/03/18	0
13	Compactación	02/04/18	02/04/18	03/04/18	03/04/18	0
14	Limpieza del terreno	03/04/18	03/04/18	04/04/18	04/04/18	0
15	Control de calidad del terraplén	03/04/18	03/04/18	04/04/18	04/04/18	0
16	Finalización de la construcción	04/04/18	04/04/18	04/04/18	04/04/18	0

	del terraplén (actividad ficticia)					
17	Inicio de la cimentación	04/04/18	04/04/18	04/04/18	04/04/18	0
18	Elaboración de las zapatas	04/04/18	04/04/18	10/04/18	10/04/18	0
19	Elaboración de las vigas de cimentación	04/04/18	06/04/18	06/04/18	10/04/18	2,5
20	Colocación de la capa de gravilla	10/04/18	10/04/18	11/04/18	11/04/18	0
21	Elaboración y colocación de la solera	12/04/18	12/04/18	16/04/18	16/04/18	0
22	Colocación de las capas de aislantes	17/04/18	17/04/18	18/04/18	18/04/18	0
23	Finalización de la cimentación (actividad ficticia)	18/04/18	18/04/18	18/04/18	18/04/18	0
24	Inicio de colocación de la estructura metálica	18/04/18	18/04/18	18/04/18	18/04/18	0
25	Colocación de los pórticos metálicos	18/04/18	18/04/18	27/04/18	27/04/18	0
26	Colocación de los arriostramientos (cruces de San Andrés)	23/04/18	26/04/18	24/04/18	27/04/18	1,5
27	Colocación de las correas y la cubierta	27/04/18	27/04/18	08/05/18	08/05/18	0
28	Colocación del cerramiento lateral de la nave	08/05/18	08/05/18	16/05/18	16/05/18	0
29	Finalización de la estructura metálica (actividad ficticia)	16/05/18	16/05/18	16/05/18	16/05/18	0
30	Inicio de la instalación eléctrica	16/05/18	16/05/18	16/05/18	16/05/18	0
31	Instalación eléctrica al completo	16/05/18	16/05/18	01/06/18	01/06/18	0
32	Suministro de lámparas para la nave industrial	16/05/18	31/05/18	17/05/18	01/06/18	1
33	Colocación de luminarias en la nave industrial	01/06/18	01/06/18	04/06/18	04/06/18	0
34	Finalización de la instalación eléctrica (actividad ficticia)	04/06/18	05/06/18	04/06/18	05/06/18	0
35	Inicio de actividades secundarias (actividad ficticia)	04/06/18	05/06/18	04/06/18	05/06/18	0
36	Pintado de los cerramientos laterales	16/05/18	05/06/18	18/05/18	07/06/18	2,5
37	Colocación del mobiliario en la nave industrial	05/06/18	05/06/18	07/06/18	07/06/18	0
38	Colocación de puertas metálicas	16/05/18	05/06/18	18/05/18	07/06/18	2,5

en la fachada						
39	Transporte de materiales	08/06/18	08/06/18	11/06/18	11/06/18	0
40	Limpieza final	0/06/188	08/06/18	11/06/18	11/06/18	1,5
41	Finalización actividades secundarias (actividad ficticia)	11/06/18	11/06/18	11/06/18	11/06/18	0
42	Fin de la obra (actividad ficticia)	11/06/18	11/06/18	11/06/18	11/06/18	0

Tabla 3-20 Datos (IMTE/IMTA/FMTE/FMTA/Holgura) del proyecto [Autoría propia]

A continuación, en la Ilustración 3-35 e Ilustración 3-36, se representan los cuadros de información globales obtenidos del diagrama de red del proyecto.

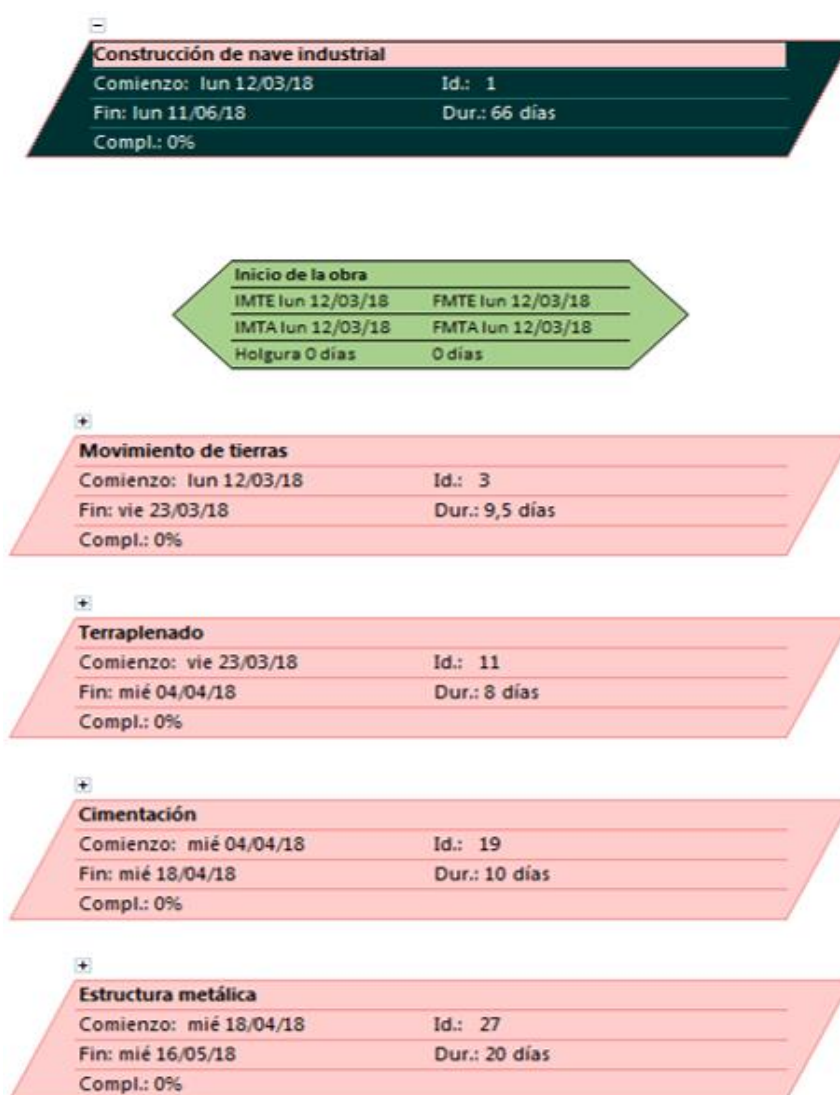


Ilustración 3-35 Componentes del diagrama de red (1) [Autoría propia]

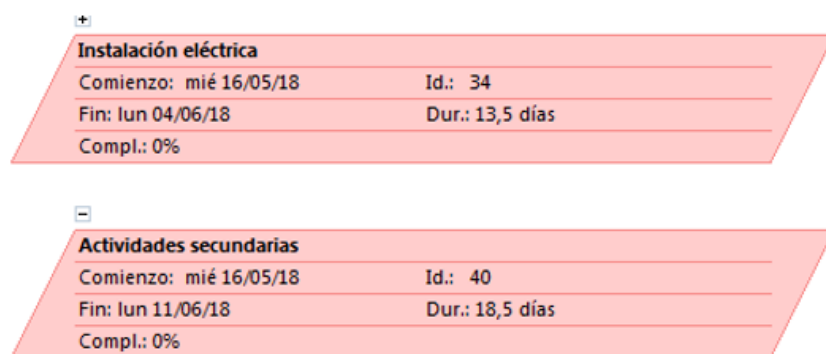


Ilustración 3-36 Componentes del diagrama de red (2) [Autoría propia]

No obstante, el diagrama de red proporciona un análisis de cada conjunto de actividades, en la Ilustración 3-37 e Ilustración 3-38, se representan los cuadros correspondientes a las actividades que conforman el movimiento de tierras del proyecto.



Ilustración 3-37 Componentes del diagrama de red correspondiente al movimiento de tierras (1) [Autoría propia]



Ilustración 3-38 Componentes del diagrama de red correspondientes al movimiento de tierras (2) [Autoría propia]

Una vez terminada esta etapa, se muestran los cuadros correspondientes a las actividades que componen la construcción del terraplén en la Ilustración 3-39 e Ilustración 3-40.



Ilustración 3-39 Componentes del diagrama de red correspondientes a la construcción del terraplén (1) [Autoría propia]



Ilustración 3-40 Componentes del diagrama de red correspondientes a la construcción del terraplén (2)
[Autoría propia]

A continuación, habiendo finalizado la etapa concerniente a la construcción del terraplén, se muestran en la Ilustración 3-41 y la Ilustración 3-42, los cuadros de información correspondientes a la etapa de cimentación.

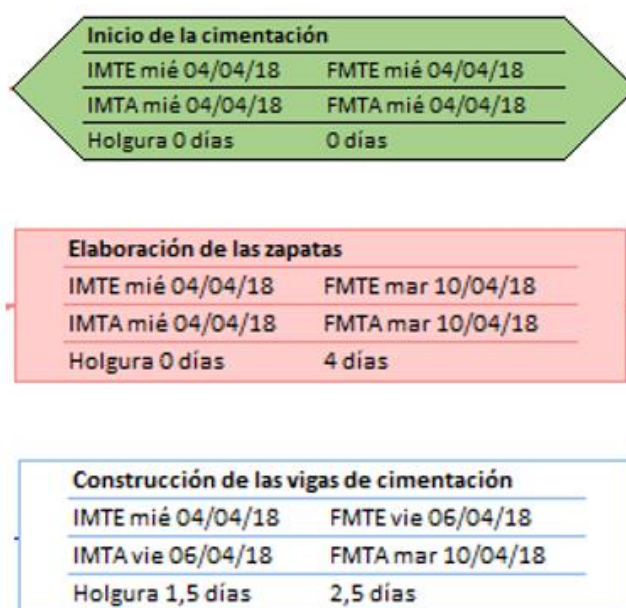


Ilustración 3-41 Componentes del diagrama de red correspondientes a la realización de la cimentación (1)
[Autoría propia]

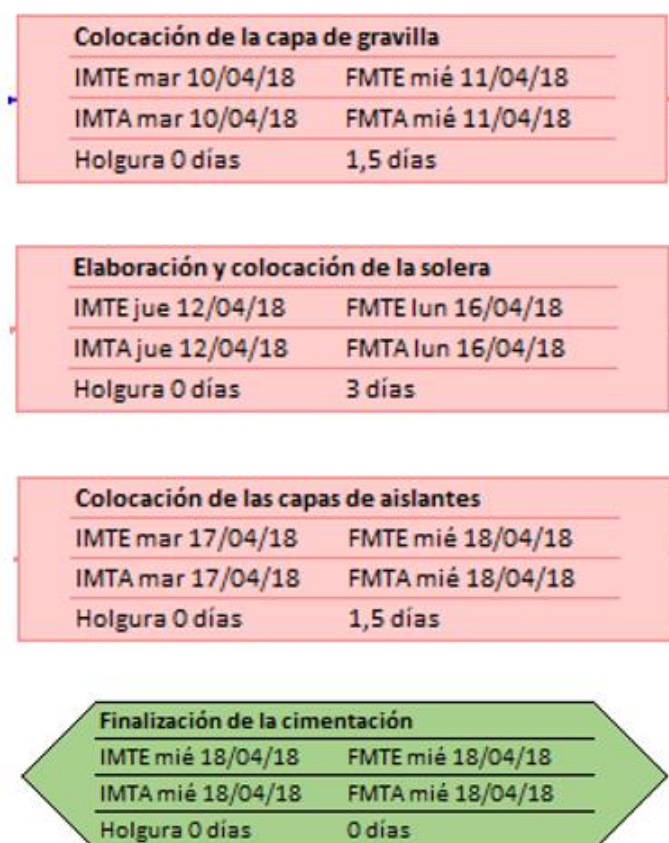


Ilustración 3-42 Componentes del diagrama de red correspondientes a la realización de la cimentación (2)
[Autoría propia]

Seguidamente, en la Ilustración 3-43 y la Ilustración 3-44, se muestran las actividades que componen la etapa de colocación de la estructura metálica.



Ilustración 3-43 Componentes del diagrama de red correspondientes a la colocación de la estructura metálica
(1) [Autoría propia]

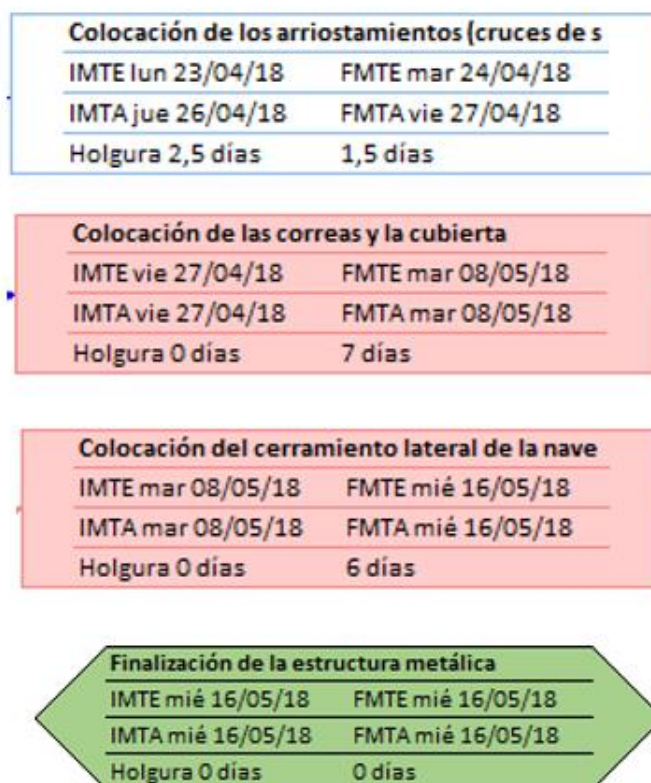


Ilustración 3-44 Componentes del diagrama de red correspondientes a la colocación de la estructura metálica (2) [Autoría propia]

La instalación eléctrica será el siguiente grupo de tareas a realizar, por ello, en la Ilustración 3-45 y la Ilustración 3-46 se representan todas las actividades que componen esta etapa.



Ilustración 3-45 Componentes del diagrama de red correspondientes a la instalación eléctrica (1) [Autoría propia]

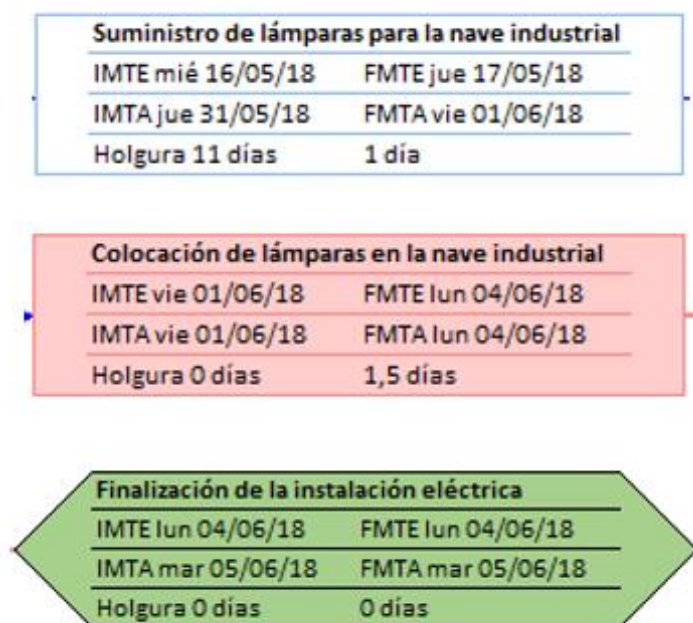


Ilustración 3-46 Componentes del diagrama de red correspondientes a la instalación eléctrica (2) [Autoría propia]

Por último, se exponen los cuadros correspondientes a las actividades secundarias del proyecto. Estos cuadros serán representados en la Ilustración 3-47 y la Ilustración 3-48.

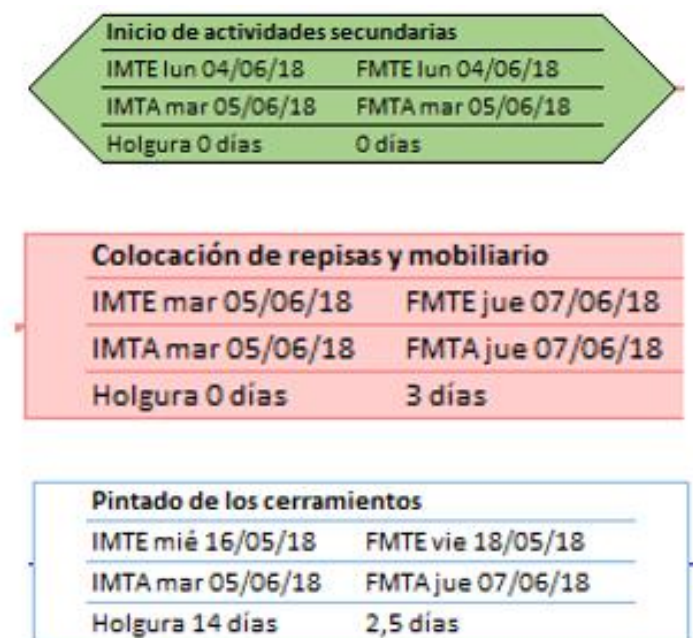


Ilustración 3-47 Componentes del diagrama de red correspondientes a la realización de las actividades secundarias (1) [Autoría propia]

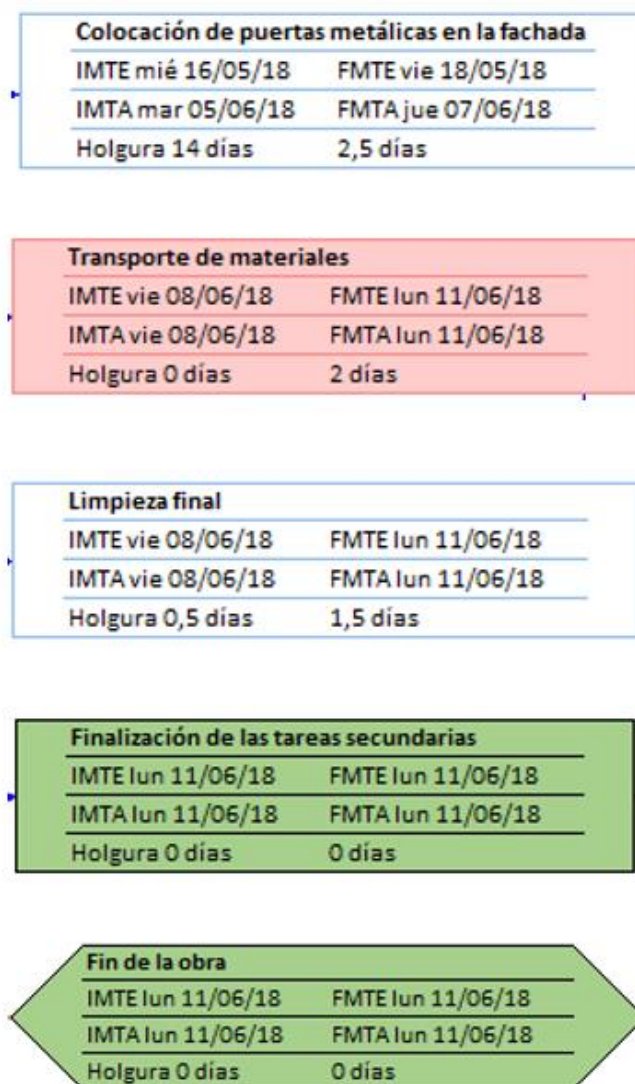


Ilustración 3-48 Componentes del diagrama de red correspondientes a las actividades secundarias (2) [Autoría propia]

Una vez mostrados todos los cuadros de información correspondientes al proyecto de construcción que nos atañe, se adjunta la Ilustración 3-49, en la cual vienen reflejadas todas las actividades que se han llevado a cabo con sus respectivas precedencias.

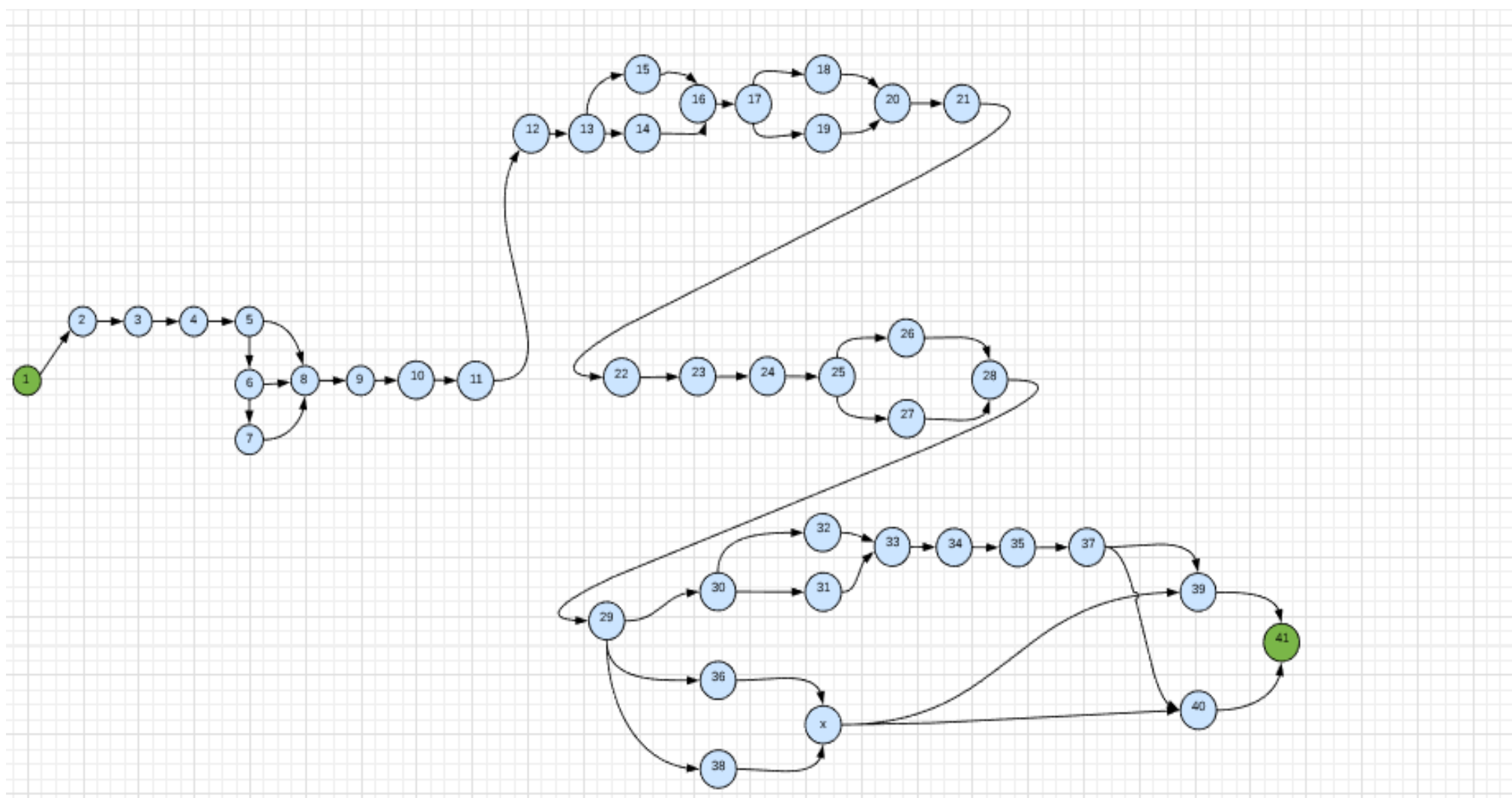


Ilustración 3-49 Diagrama de red completo [Autoría propia]

3.17 Limitaciones en la ejecución

Al igual que en la ejecución de cualquier otro proyecto, en la construcción particular de la nave industrial en la Escuela Naval Militar, existirán dos factores que condicionarán el transcurso de la construcción de la instalación durante toda su ejecución.

En primer lugar, se hace necesario mencionar la limitación que será proporcionada por el factor tiempo. Para este tipo de limitaciones, es decir, aquellas en las que se establece una fecha normal de entrega y por diferentes motivos no es posible llegar a cumplir con el plazo establecido, será necesario la incorporación de recursos extra en las actividades que compongan el camino crítico del proyecto. Con esta medida se pretende alcanzar el tiempo óptimo de realización de aquellas tareas que definen el tiempo total del proyecto. En nuestro caso la fecha establecida está prevista que no sea rebasada ya que será alcanzada únicamente en el caso en que las tareas no se ejecuten con los tiempos normales establecidos. A pesar de ello, la opción de incrementar los recursos asignados a una actividad será motivo de estudio y se encontrará en todo momento presente como un tema de especial importancia en la directiva de la administración del proyecto.

En segundo lugar, se pueden establecer como limitaciones en el desarrollo de un proyecto los recursos humanos y materiales de los que dispone la organización para realizar la construcción. Como se hace evidente, estos recursos serán necesarios para la realización de todas las tareas del proyecto, por ello, la limitación de alguno de estos recursos o su mala gestión provocará que las tareas que se encuentren asignadas a ellos no se puedan completar en el tiempo establecido para ello, lo que ocasionará costes extra en el proyecto final.

Debido a estos dos factores y a la imperante necesidad de conocer por parte de la organización aquellos riesgos generales a los que se encuentra sometido cualquier proyecto, se procede a realizar un análisis cualitativo de todos aquellos que pueden tomar parte en nuestra obra.

El proceso seguido para el análisis de riesgos será el expuesto en la Ilustración 3-50, donde como se puede observar, en primer lugar, se contextualizará el proyecto e identificarán los riesgos para en un segundo lugar analizarlos, evaluar las posibles consecuencias que podrían acarrear en el desarrollo de la obra y por último establecer unas medidas para evitar que se lleguen a producir. [51]

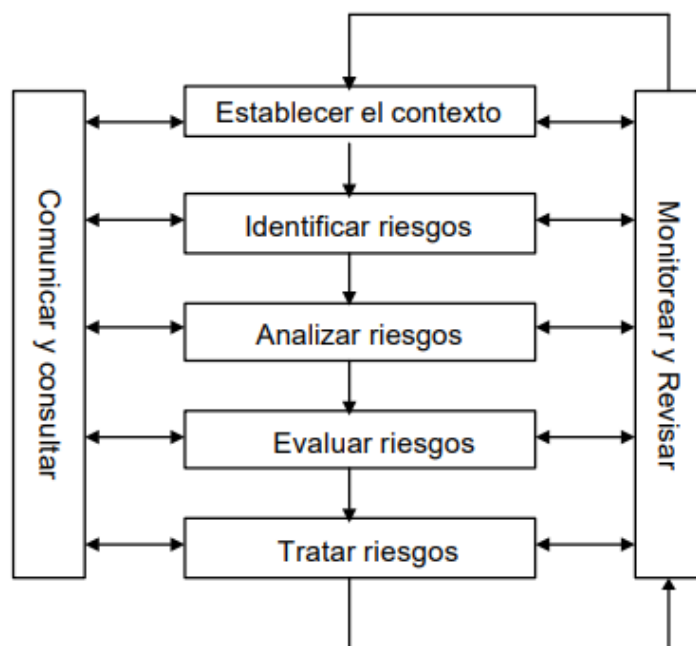


Ilustración 3-50 Etapas que componen la administración de riesgos [52]

3.17.1 Identificación de riesgos

A continuación, se exponen aquellos riesgos que van a ser tenidos en cuenta a la hora de realizar en análisis de riesgos.

En primer lugar, cabe mencionar que se han agrupado los riesgos y las causas que los provocan en seis grupos: Riesgos políticos, económicos, de carácter contractual, debidos al diseño-técnico, los debidos a una mala gestión y por último aquellos fortuitos que pueden suceder durante todo el transcurso de la obra:

Riesgos políticos	Causa
1.1-Huelgas de trabajadores	Opinión pública
1.2-Terrorismo	Ideologías religiosas
1.3-Disturbios internos entre la población	Intereses
1.4-Guerras	Ideologías, guerras
1.5-Cambios legislativos	Cambio de legislación
1.6-Expropiación	Interés del estado
1.7-Repudio de contrato	Falta de validez

Tabla 3-21 Riesgos políticos [53] [54]

Riesgos Económicos-Financieros	Causa
2.1-Incumplimiento de obligaciones fiscales	Falta de control
2.2-Fraude	Falta de control
2.3-Cambios inflacionarios	Inflación
2.4-Alzas en insumos	Menos producción, competencia
2.5-Falta de pagos estipulados en el contrato	Falta de control

Tabla 3-22 Riesgos Económicos-Financieros [54]

Riesgos contractuales	Causa
3.1-Incumplimiento del contrato	Falta de control
3.2-Mala coordinación entre departamentos	Falta de control, mala planificación y programación
3.3-Cierre del proyecto	Conjunto de causas políticas, económicas, administrativas y contractuales

Tabla 3-23 Riesgos contractuales [54]

Riesgos de diseño-técnicos	Causa
4.1-Uso de maquinaria inadecuada	Falta de programación y planificación
4.2-Mano de obra no capacitada	Falta de capacitación por parte del personal
4.3-Retrasos en los tiempos de ejecución de las	Mala programación de las actividades

actividades de la obra

4.4-Errores de diseño	Falta de preparación por parte del personal y falta de control
4.5-Mala calidad de materiales	Falta de control
4.6-Modificación del proyecto	Mala planificación y programación del proyecto
4.7-Inicio de la obra tardío	Mala planificación y programación del proyecto

Tabla 3-24 Riesgos de diseño-técnicos [54]

Riesgos de dirección o índole administrativo	Causa
5.1-Presupuestos inadecuados	Causa interna, falta de planificación y programación
5.2-Mala planificación	Causa interna, mala planificación
5.3-Mala programación de la obra	Causa interna, mala programación
5.4-Mala ejecución del proyecto	Causa interna, falta de capacitación del personal
5.5-Falta de liderazgo y comunicación	Falta de preparación y capacitación del empleado
5.6-Falta de control del proyecto	Causa interna, falta de control

Tabla 3-25 Riesgos de dirección o índole administrativo [54]

Riesgos accidentales	Causa
6.1-Incendio	Causa natural
6.2-Hurto	Falta de control de las medidas de seguridad
6.3-Accidente laboral	Falta de control de los elementos de seguridad de la construcción.
6.4-Malas condiciones atmosféricas	Causa natural, clima de la zona

Tabla 3-26 Riesgos accidentales o fortuitos [54]

3.17.2 Análisis cualitativo

Una vez identificados los riesgos y las posibles causas que los generarían, se procede a realizar un análisis cualitativo de ellos, con el firme objetivo de evaluar la probabilidad de ocurrencia y las posibles consecuencias que podrían acarrear en el caso de que se produzcan. Para ello y mediante la matriz proporcionada por el Estándar Australiano [52], que se puede observar en la Ilustración 3-51, se realizará este proceso de evaluación.

Probabilidad	Consecuencias				
	Insignificantes 1	Menores 2	Moderadas 3	Mayores 4	Catastróficas 5
A (casi certeza)	H	H	E	E	E
B (probable)	M	H	H	E	E
C (moderado)	L	M	H	E	E
D (improbable)	L	L	M	H	E
E (raro)	L	L	M	H	H

La cantidad de categorías deberían reflejar las necesidades del estudio.

Leyenda

- E: riesgo extremo; requiere acción inmediata
- H: riesgo alto; necesita atención de la alta gerencia
- M: riesgo moderado; debe especificarse responsabilidad gerencial
- L: riesgo bajo; administrar mediante procedimientos de rutina

Ilustración 3-51 Matriz de evaluación [52]

Riesgo	Probabilidad de ocurrencia	Consecuencias	Categoría	Acciones que tomar
1.1	D	4	H	Planes de contingencia
1.2	E	5	H	Planes de contingencia
1.3	E	4	H	Planes de contingencia
1.4	E	5	H	Planes de contingencia
1.5	D	4	H	Revisión jurídica de todos los actos administrativos
1.6	D	4	H	Condiciones contractuales
1.7	D	4	H	Condiciones contractuales
2.1	E	5	H	Condiciones contractuales
2.2	D	4	H	Planeamiento de control de fraudes
2.3	C	3	H	Comprobaciones y administración de inversiones y cartera
2.4	C	2	M	administración de inversiones y cartera
2.5	D	3	H	Condiciones contractuales
3.1	D	4	H	Arreglos contractuales
3.2	B	3	H	Administración de proyectos

3.3	E	4	H	Comprobaciones y minimizar la exposición a fuentes de riesgo
4.1	B	3	H	Inspecciones y controles de procesos
4.2	D	4	H	Programas de auditoría y cumplimiento
4.3	B	3	H	Administración de proyectos
4.4	D	4	H	Comprobaciones y aumentar el número de controles realizados en la obra, características de diseño
4.5	E	4	H	Comprobaciones y aumentar el número de controles realizados en la obra, aseguramiento de calidad y estándares
4.6	C	3	H	Controles técnicos y administración del proyecto
4.7	D	2	L	Llevar una correcta administración del proyecto
5.1	D	5	E	Condiciones contractuales
5.2	D	4	H	Llevar una correcta administración del proyecto
5.3	D	5	E	Llevar una correcta administración del proyecto
5.4	D	5	E	Llevar una correcta administración del proyecto
5.5	C	4	E	Aseguramiento de la calidad
5.6	D	4	H	Llevar una correcta administración del proyecto
6.1	E	5	H	Plan de prevención de incendios
6.2	E	3	M	Aumentar las medidas de seguridad
6.3	C	3	H	Plan PRL
6.4	B	3	H	Paro en la construcción para evitar posibles accidentes

Tabla 3-27 Análisis cualitativo de riesgos [Autoría propia]

Una vez realizado el análisis de cada uno de los riesgos expuestos, se obtienen una serie de conclusiones parciales que servirán en gran medida para disminuir el riesgo global del proyecto.

Como se puede observar en la Tabla 3-27, todas esas medidas correctoras se encuentran relacionadas con la gestión de la obra, en especial con elaborar una buena planificación y programación del proyecto, es decir, ser capaz de administrar el proyecto de una forma eficaz y eficiente de cara a su futura realización. Del mismo modo, la elaboración de planes y de un correcto contrato, prevendrá a la organización de futuros problemas que puedan surgir.

3.18 Control del proyecto

3.18.1 Matriz de avance del proyecto

A continuación, en la Tabla 3-28, se adjunta la matriz correspondiente al avance del proyecto. En esta matriz se representan los días laborables que conforman la ejecución total del proyecto, la fecha correspondiente a ese día de proyecto, las actividades que se realizan ese día y las tareas acumuladas hasta el momento.

Por último, se representa el avance programado por día del proyecto.

Días	Fecha	Actividades por día	Actividades acumuladas	Avance programado por día
1	12/03/18	3	3	0,028302
2	13/03/18	1	4	0,037736
3	14/03/18	1	5	0,04717
4	15/03/18	1	6	0,056604
5	16/03/18	1	7	0,066038
6	19/03/18	2	9	0,084906
7	20/03/18	2	11	0,103774
8	21/03/18	3	14	0,132075
9	22/03/18	1	15	0,141509
10	23/03/18	4	19	0,179245
11	26/03/18	1	20	0,188679
12	27/03/18	1	21	0,198113
13	28/03/18	1	22	0,207547
14	29/03/18	1	23	0,216981
15	30/03/18	1	24	0,226415
16	02/04/18	1	25	0,235849
17	03/04/18	3	28	0,264151
18	04/04/18	6	34	0,320755
19	05/04/18	1	35	0,330189
20	06/04/18	2	37	0,349057
21	09/04/18	1	38	0,358491
22	10/04/18	2	40	0,377358
23	11/04/18	1	41	0,386792

24	12/04/18	1	42	0,396226
25	13/04/18	1	43	0,40566
26	16/04/18	1	44	0,415094
27	17/04/18	2	46	0,433962
28	18/04/18	1	47	0,443396
29	19/04/18	1	48	0,45283
30	20/04/18	1	49	0,462264
31	23/04/18	2	51	0,481132
32	24/04/18	1	52	0,490566
33	25/04/18	1	53	0,5
34	26/04/18	2	55	0,518868
35	27/04/18	2	57	0,537736
36	30/04/18	1	58	0,54717
37	01/05/18	1	59	0,556604
38	02/05/18	1	60	0,566038
39	03/05/18	1	61	0,575472
40	04/05/18	1	62	0,584906
41	07/05/18	1	63	0,59434
42	08/05/18	2	65	0,613208
43	09/05/18	1	66	0,622642
44	10/05/18	1	67	0,632075
45	11/05/18	1	68	0,641509
46	14/05/18	1	69	0,650943
47	15/05/18	1	70	0,660377
48	16/05/18	6	76	0,716981
49	17/05/18	4	80	0,754717
50	18/05/18	3	83	0,783019
51	21/05/18	1	84	0,792453
52	22/05/18	1	85	0,801887
53	23/05/18	1	86	0,811321
54	24/05/18	1	87	0,820755

55	25/05/18	1	88	0,830189
56	28/05/18	1	89	0,839623
57	29/05/18	1	90	0,849057
58	30/05/18	1	91	0,858491
59	31/05/18	1	92	0,867925
60	01/06/18	2	94	0,886792
61	04/06/18	3	97	0,915094
62	05/06/18	1	98	0,924528
63	06/06/18	1	99	0,933962
64	07/06/18	1	100	0,943396
65	08/06/18	2	102	0,962264
66	11/06/18	4	106	1

Tabla 3-28 Matriz de avance del proyecto [Autoría propia]

3.18.2 Gráfica de rendimiento del proyecto

Con ayuda de la matriz anterior, se desarrolla la gráfica de rendimiento que se puede observar en la Ilustración 3-52. En esta gráfica se puede observar que en el eje vertical es representado el avance del proyecto, mientras que en el eje horizontal se puede observar la cantidad de días laborables en los que se lleva a cabo el proyecto.

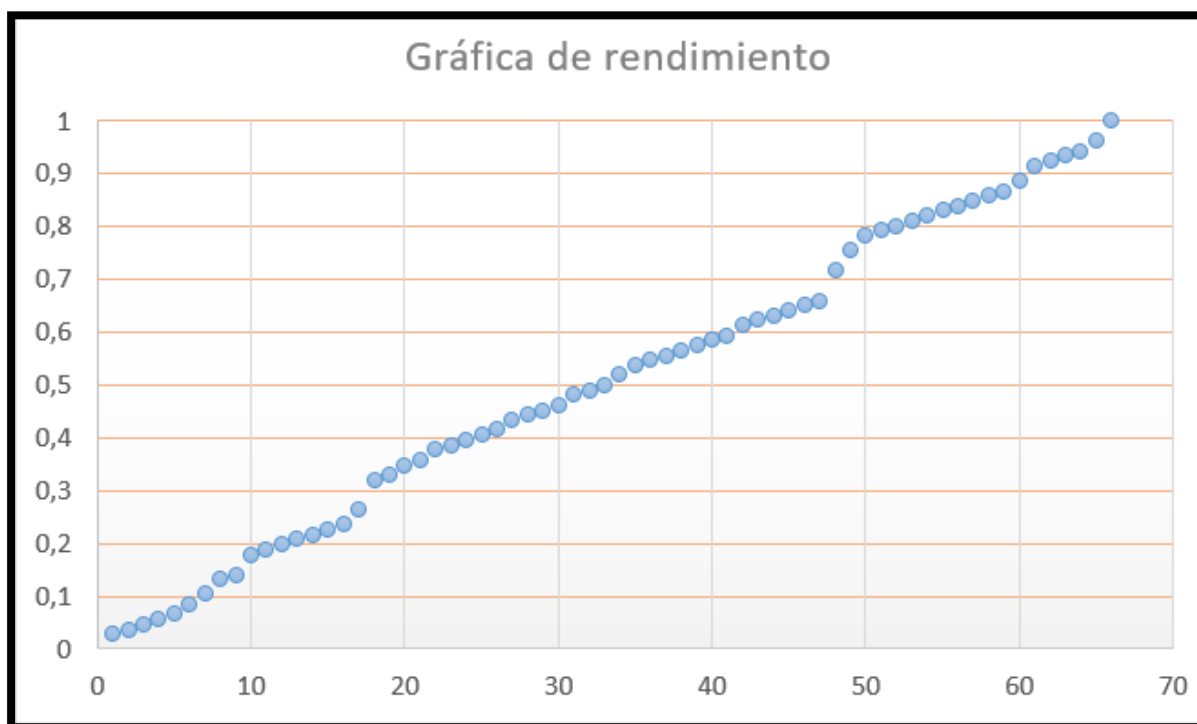


Ilustración 3-52 Gráfica de rendimiento [Autoría propia]

3.19 Probabilidad de retraso del proyecto

Para poder determinar la probabilidad de retraso del proyecto, se hace necesario en primer lugar, definir la varianza de las diferentes actividades que componen la construcción completa de la nave industrial. Por ello, en la Tabla 3-29, se representan estos valores.

Número de tarea	Tarea	Varianza (σ^2)
1	Inicio de la obra (actividad ficticia)	-
2	Inicio del movimiento de tierras (actividad ficticia)	-
3	Demoliciones	0,111
4	Bote de escombros	0,028
5	Desbroce del terreno	0,063
6	Despalme del terreno	0,028
7	Escarificación del terreno	0,063
8	Estudio del geotécnico del terreno	0,028
9	Finalización del movimiento de tierras (actividad ficticia)	-
10	Inicio de la construcción del terraplén (actividad ficticia)	-
11	Extendido	0,25
12	Humectación	0,111
13	Compactación	0,063
14	Limpieza del terreno	0,063
15	Control de calidad del terraplén	0,028
16	Finalización de la construcción del terraplén (actividad ficticia)	-
17	Inicio de la cimentación	-
18	Elaboración de las zapatas	0,111
19	Elaboración de las vigas de cimentación	0,111
20	Colocación de la capa de gravilla	0,028
21	Elaboración y colocación de la solera	0,111
22	Colocación de las capas de aislantes	0,028
23	Finalización de la cimentación (actividad ficticia)	-
24	Inicio de colocación de la estructura metálica	-
25	Colocación de los pórticos metálicos	0,444
26	Colocación de los arriostramientos (cruces de San Andrés)	0,063
27	Colocación de las correas y la cubierta	0,34
28	Colocación del cerramiento lateral de la nave	0,25
29	Finalización de la estructura metálica (actividad ficticia)	-
30	Inicio de la instalación eléctrica	-

31	Instalación eléctrica al completo	1
32	Suministro de lámparas para la nave industrial	0,028
33	Colocación de luminarias en la nave industrial	0,028
34	Finalización de la instalación eléctrica (actividad ficticia)	-
35	Inicio de actividades secundarias (actividad ficticia)	-
36	Pintado de los cerramientos laterales	0,063
37	Colocación del mobiliario en la nave industrial	0,063
38	Colocación de puertas metálicas en la fachada	0,111
39	Transporte de materiales	0,028
40	Limpieza final	0,028
41	Finalización actividades secundarias (actividad ficticia)	-
42	Fin de la obra (actividad ficticia)	-
	SUMA TOTAL DE TAREAS	3,67
	SUMA TOTAL DE TAREAS CRÍTICAS	3,27
	DESVIACIÓN TÍPICA DEL PROYECTO	1,81

Tabla 3-29 Datos de varianza del proyecto [Autoría propia]

A continuación, se procede a determinar la desviación estándar del proyecto. Esta desviación estándar será igual a la raíz cuadrada de la suma de las varianzas de las actividades que conformen el camino crítico (actividades de color rojo). Por ello, en la Ilustración 3-54 e Ilustración 3-55, se muestra el diagrama de seguimiento Gantt del proyecto, diagrama en el que se ha añadido una capa que permite visualizar las actividades críticas que conforman el proyecto (subrayadas con color amarillo). Del mismo modo, en el diagrama Gantt se encuentran representadas de color rojo aquellas actividades críticas y en color azul aquellas no críticas.

En nuestro proyecto, la varianza es de 3,27, lo que implica que la desviación estándar del proyecto sea:

$$\sigma_p = \sqrt{\text{Varianza del proyecto}} = \sqrt{3,27} = 1,81 \text{ días}$$

Por lo tanto, en base a estos datos, se puede prever que el proyecto será terminado entre 64 y 68 días con una probabilidad del 68%, conforme aumentemos esta desviación estándar, la probabilidad de realización del proyecto irá en aumento, estimando que el proyecto será finalizado entre 62 y 70 días con una seguridad del 95% y con una probabilidad del 99% finalizará entre 60 y 72 días.

Más concretamente, nos podemos llegar a plantear que probabilidad hay de que el proyecto se ejecute antes de la fecha marcada por la Escuela Naval Militar, 70 días hábiles. Para ello, debemos seguir la siguiente expresión:

$$Z = \frac{(\text{FECHA A TERMINAR} - \text{FECHA ESTIMADA DE FINALIZACIÓN})}{\sigma} = \frac{70 - 66}{1,81} = 2,21$$

Con este valor, nos dirigimos al Anexo II: Distribución normal del presente trabajo y obtenemos un valor de 0,9864.

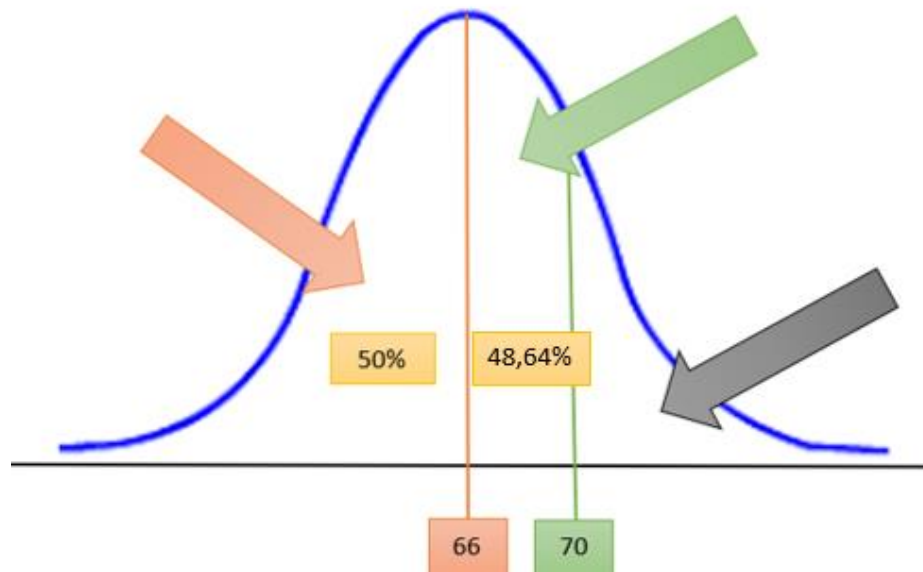


Ilustración 3-53 Probabilidad de retraso del proyecto [Autoría propia]

Como se puede observar en la Ilustración 3-53, la media del proyecto está estimada en 66 días, es decir existe un 50% de probabilidades de terminar la construcción antes de esta fecha y un 50% de posibilidades de terminarla después de esta fecha.

Al ser un requisito terminarla antes de 70 días hábiles, esta probabilidad (50%) se verá aumentada, llegando a alcanzar un valor de 98,64%, tal y como se muestra en la ilustración superior. Conforme aumentemos el rango en el que la obra puede ser terminada, la probabilidad de terminarla en la fecha acordada aumentará.

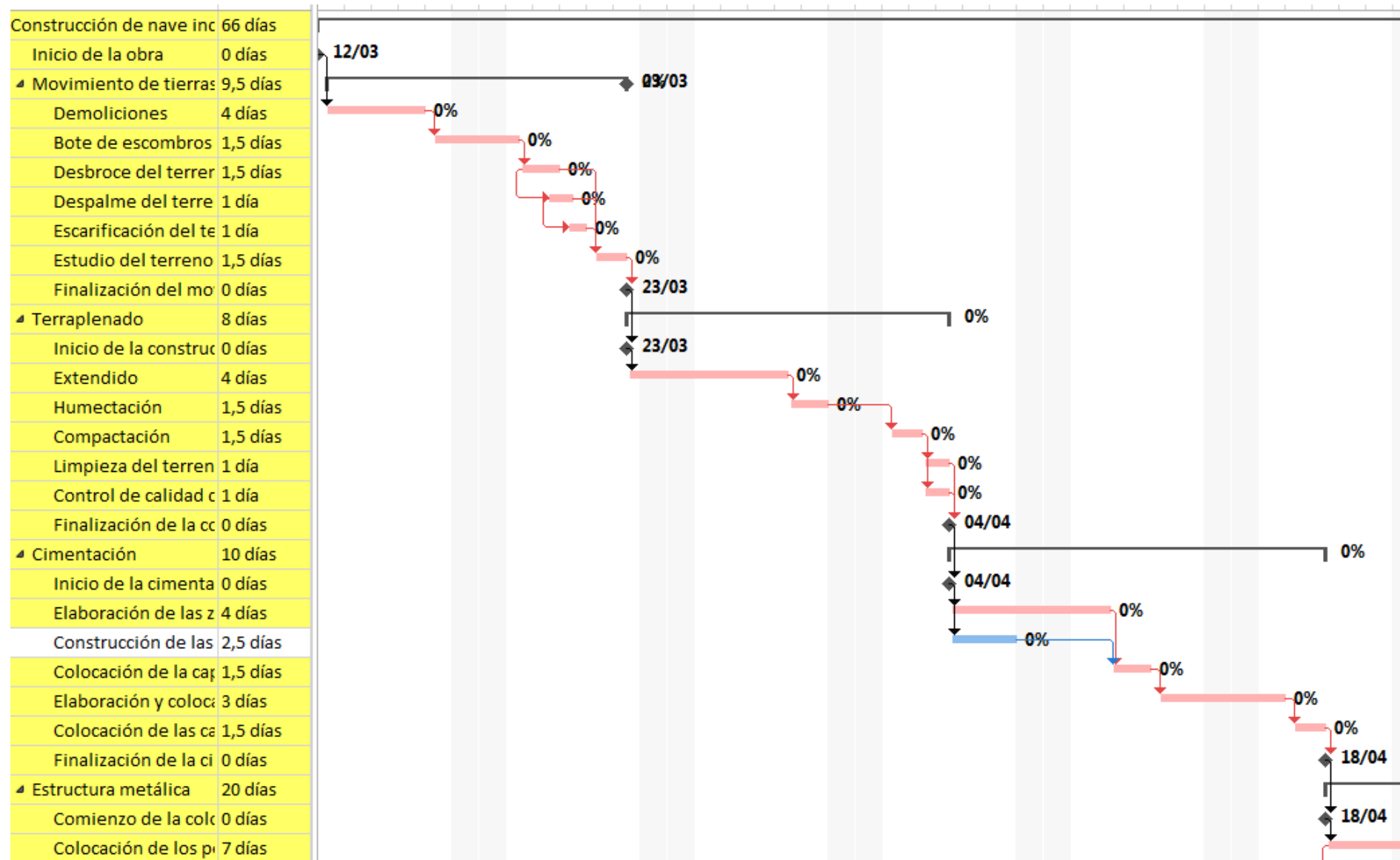


Ilustración 3-54 Diagrama Gantt de seguimiento (1) [Autoría propia]

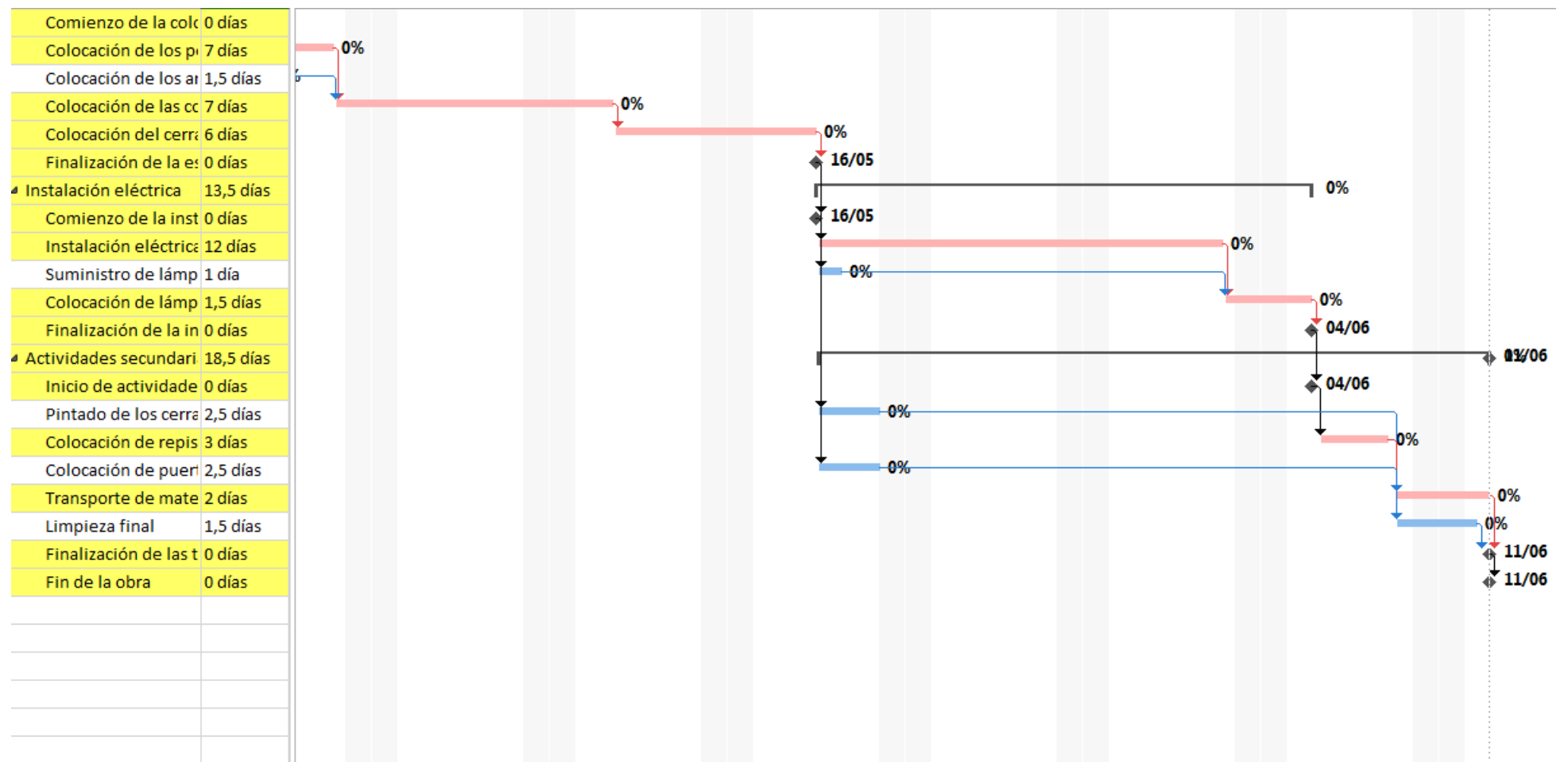


Ilustración 3-55 Diagrama Gantt de seguimiento (2) [Autoría propia]

4 RESULTADOS Y LÍNEAS FUTURAS

Tras la finalización de este trabajo de fin de grado, se puede afirmar que se han logrado completar todos los objetivos que se buscaban con su realización. A continuación, se muestran todos ellos:

En primer lugar, gracias a la información aportada en el apartado correspondiente al estado del arte, se ha logrado contextualizar el proyecto, sentando las bases de la dirección de proyectos. Se ha definido el concepto de proyecto y junto a él, los diferentes ciclos de vida que podemos encontrar; además, se ha explicado el concepto de planificación, programación y control de las actividades de un proyecto.

Posteriormente, se han analizado de forma correcta las técnicas tradicionales PERT y CPM, en este análisis se ha introducido el concepto de investigación operativa y se han descrito los orígenes de estas técnicas, los puntos básicos que comparten, las relaciones de prelación que necesitan ser definidas para su ejecución, y su representación general en un diagrama de red. Del mismo modo, se han establecido las diferencias existentes entre estas técnicas tradicionales, mostrando la diferencia fundamental que destaca sobre las demás, la variabilidad existente en la duración de las actividades.

Por último y para dar por finalizado este análisis, se estudió la probabilidad de finalización del proyecto mediante el uso de la distribución normal y se dejaron patentes las ventajas y desventajas que pueden ocasionar este tipo de técnicas tradicionales. Obteniendo en el análisis, que la elección de una u otra técnica dependerá en gran medida de la incertidumbre del ambiente en que nos encontremos. Para ambientes cambiantes se priorizarán las técnicas PERT, en las cuáles se establecen diferentes tiempos, y, en los ambientes estables, donde las diferentes incertidumbres de las actividades del proyecto son muy pequeñas, se utilizarán las técnicas CPM.

Dentro de este mismo apartado de estado del arte se analizaron otro tipo de técnicas más modernas. En primer lugar, las metodologías ágiles, este análisis fue, al contrario que con las metodologías tradicionales, más básico, sin incluir aquellos datos técnicos que conformarían su ejecución y que fueron descritos con las metodologías tradicionales. Únicamente, se definió el concepto de estas metodologías ágiles de forma general y se mostraron las ventajas y desventajas que ofrecían con respecto a PERT y CPM, obteniendo la férrea conclusión de que las metodologías ágiles son eficaces para la elaboración de softwares informáticos y ambientes con fuertes cambios, pero que no son eficientes para aquellos proyectos que posean una documentación y, por lo tanto, las actividades implícitas en el proyecto no posean una variabilidad elevada.

En segundo lugar, se analizó de la misma forma la gestión de proyectos por cadena crítica, obteniendo una posible futura línea de trabajo que se comentará más adelante. Posteriormente, se hace una breve mención de los softwares informáticos que podemos encontrar en la actualidad para gestionar proyectos.

Para finalizar con este epígrafe, y puesto que el fin último del proyecto se basa en la gestión de tiempos; se nombran algunas de las técnicas utilizadas actualmente para optimizar los tiempos y métodos de fabricación. Destacando la ergonomía por encima de todas las demás.

Por último, se realizó un caso práctico aplicado a la Armada, la construcción de una nave industrial en la Escuela Naval Militar. En este apartado, se diseñó la nave industrial, se aproximó un presupuesto de licitación, se analizaron las diferentes actividades que compondrían este subproyecto, se establecieron las relaciones de precedencia entre ellas, los tiempos de ejecución (pesimistas, optimistas y más probables) que lo componen, se identificaron los posibles riesgos que podrían estar involucrados en el proyecto y se trasladó esta información a Microsoft Project, gracias al cual, se establecieron fechas estimadas de finalización.

4.1 Resultados obtenidos en la construcción de la nave industrial

Más concretamente, tras la planificación y programación del proyecto de la nave industrial con las técnicas tradicionales, se han obtenido una serie de resultados de especial mención.

En primer lugar, el tiempo en el que se completará el proyecto.

	▸ Construcción de nave industrial	79,5 días	0 días	0 días	lun 12/03
	Inicio de la obra	0 días	0 días	0 días	lun 12/03
	▸ Movimiento de tierras	10,5 días	0 días	0 días	lun 12/03
	Demoliciones	4 días	5 días	3 días	lun 12/03
	Bote de escombros	1,5 días	2 días	1 día	vie 16/03
	Desbroce del terreno	1,5 días	2,5 días	1 día	lun 19/03
	Despalme del terreno	1 día	1,5 días	0,5 días	mié 21/03
	Escarificación del terreno	1 día	2 días	0,5 días	jue 22/03
	Estudio del terreno para posterior inicio de la construcción del terraplén	1,5 días	2 días	1 día	vie 23/03
	Finalización del movimiento de	0 días	0 días	0 días	lun 26/03
	▸ Terraplenado	9 días	0 días	0 días	lun 26/03
	Inicio de la construcción del terraplén (actividad	0 días	0 días	0 días	lun 26/03
	Extendido	4 días	6 días	3 días	lun 26/03
	Humectación	1,5 días	4 días	1 día	vie 30/03
	Compactación	1,5 días	2,5 días	1 día	mar 03/04
	Limpieza del terreno	1 día	2 días	0,5 días	mié 04/04
	Control de calidad del terraplén	1 día	1,5 días	0,5 días	jue 05/04
	Finalización de la construcción del terraplén	0 días	0 días	0 días	vie 06/04

Ilustración 4-1 Listado de actividades sin establecer precedencias [Autoría propia]

Como se puede observar en la Ilustración 4-1, en el caso de no programar el proyecto teniendo en cuenta la relación de precedencias existente entre las actividades, el tiempo de ejecución será mayor, este tiempo de ejecución mayor, significará costes extra para la organización. Frente a los 66 días que tardaría en ejecutarse la obra completa estableciendo una correcta relación de precedencias, resultan 79,5 días en el caso de establecer una relación de precedencias fin-inicio. Estos 14 días extra provocarían los siguientes costes adicionales:

En primer lugar, si los gastos generales correspondían en 66 días a 33.046,78€, se estima que aproximadamente por día se producirán unos gastos de 500,7€. Este coste, correspondiente a la maquinaria utilizada, personal... provocará que al aumentar el periodo de ejecución del proyecto 14 días, se produzcan 7.009,9€ extra de coste global del proyecto.

Además, gracias al análisis de riesgos realizado, llegamos a la conclusión de que, con una elaboración minuciosa de los diferentes planes del proyecto y una revisión del contrato, los riesgos derivados de la puesta en marcha y ejecución de la obra se verán notablemente reducidos.

Por último, gracias al software informático utilizado, se podrá llevar a tiempo real el avance del proyecto, esto será un requisito fundamental en cualquier obra, ya que gracias a un seguimiento correcto de un proyecto se podrán prever futuros retrasos en la obra y cualquier problema que pueda suceder. Más concretamente, se ha analizado el resultado del proyecto en el caso en que se llevasen a cabo las actividades en su tiempo óptimo de ejecución; obteniendo el siguiente diagrama Gantt, representado en la Ilustración 4-2.

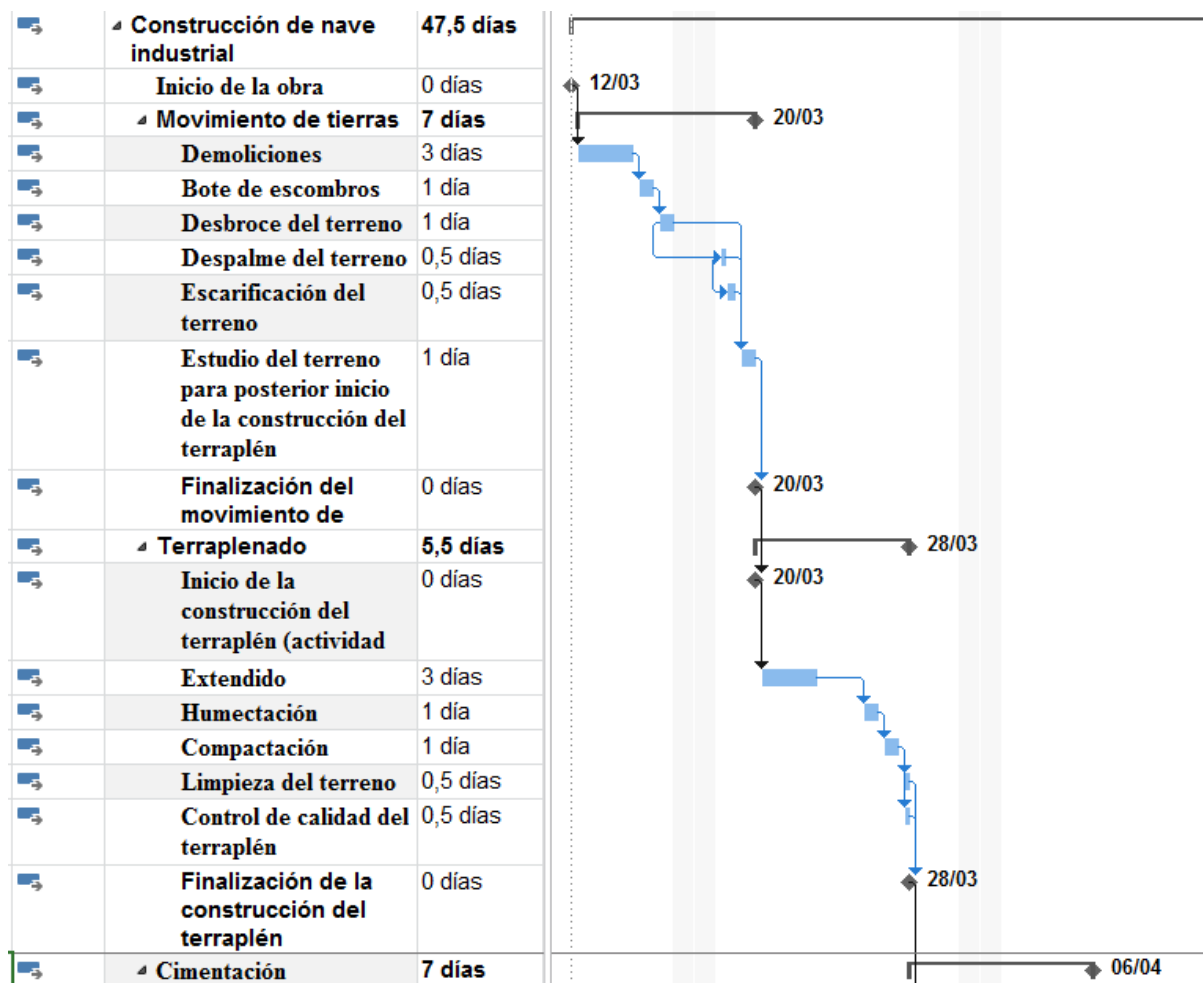


Ilustración 4-2 Diagrama de Gantt (To) [Autoría propia]

Como se puede observar, el proyecto sería completado en 47,5 días hábiles, este recorte de 19 días provocaría un ahorro en costes de unos 500,7€ por día. Llegando a un valor de 9.513,3€.

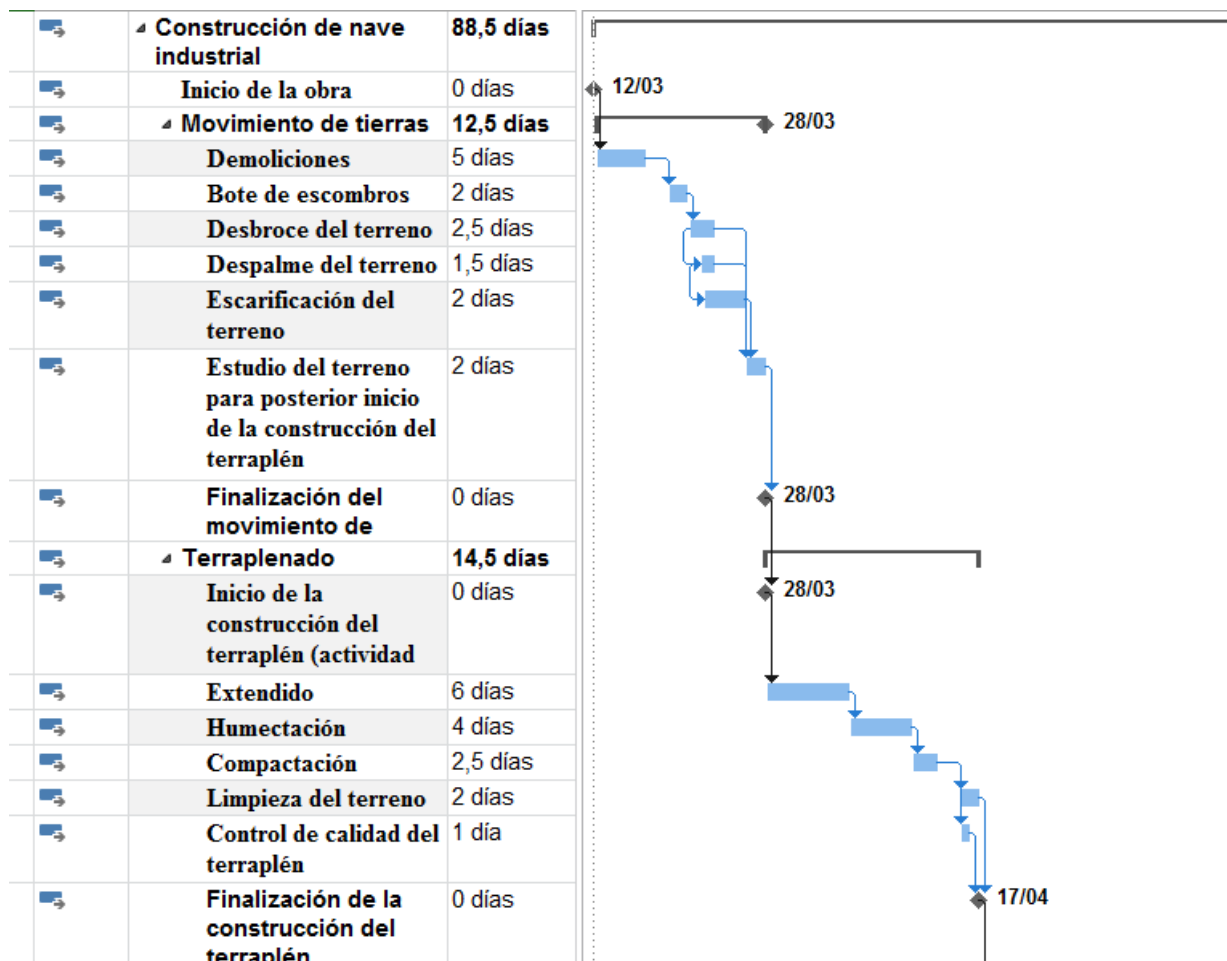


Ilustración 4-3 Diagrama de Gantt (Tp) [Autoría propia]

Por el contrario, en la Ilustración 4-3, se simula la ejecución del proyecto, llevando a cabo las actividades en sus tiempos pesimistas. El resultado obtenido es de 88, 5 días, es decir, 23 días más tarde que en el caso de suponer tiempos estimados y de 41 días más tarde en caso de compararlo con el desarrollo del proyecto en un tiempo óptimo.

Este resultado provocaría un coste añadido de aproximadamente de 11.516,1€.

Con todos estos datos, queda manifestado una vez más la fehaciente importancia que reside en la gestión óptima de las actividades de un proyecto.

4.2 Líneas futuras

Como futura línea futura, se podría plantear la realización de este proyecto mediante CCPM, ya que, con ello, se podrían comparar los resultados obtenidos y poder afirmar si, en efecto, las metodologías modernas son más eficientes para la gestión de un proyecto de construcción, o por si, al contrario, los resultados obtenidos son los mismos.

El objeto de este proyecto era el de servir de base para futuros proyectos relacionados con la organización de proyectos. Por ello, se podrían proponer futuros trabajos cuya índole fuese más específica y se centrase en casos prácticos determinados con el objeto de aumentar su eficiencia. Podría planificarse un cruceo del Juan Sebastián de Elcano, el proceso de montaje de un campamento de Infantería de Marina u otro tema que comprenda la ejecución de un número elevado de actividades.

5 BIBLIOGRAFÍA

- [1] E.Zuazua, «enzuazua.net,» 31 Octubre 2015. [En línea]. Available: <http://enzuazua.net/la-lealtad-de-oppenheimer/>. [Último acceso: 26 01 2018].
- [2] H. Keller.
- [3] Project Management Institute, Guía de los FUNDAMENTOS PARA LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS (GUÍA DEL PMBOK), GLOBALSTANDARD.
- [4] PMI, «PMI,» [En línea]. Available: <https://www.pmi.org/>.
- [5] J.Heizer y B.Render, Dirección de la producción y de operaciones, PEARSON.
- [6] R.Chase y F.Jacobs, Administración de operaciones Producción y cadena de suministros, Mc Graw Hill Education.
- [7] S.Piñero Fernández, «PERT y CPM: Programación y control de proyectos,» [En línea]. Available: Universidad Complutense de madrid.
- [8] V.Yepes Piqueras, «Universidad Politecnica de Valencia,» [En línea]. Available: <https://victoryepes.blogs.upv.es/2015/01/28/los-origenes-del-pert-y-del-cpm/>. [Último acceso: 24 Enero 2018].
- [9] R.García, «valor20.com,» [En línea]. Available: <http://valor20.com/historia-de-los-proyectos-proyecto-polaris/>. [Último acceso: 23 02 2018].
- [10] E.Pérez Gorostegui, CURSO DE ECONOMÍA DE LA EMPRESA INTRODUCCIÓN, Editorial Universitaria Ramón Areces .
- [11] R.Herrerías Pleguezuelo y E.Pérez Rodríguez, «ESTIMACIÓN DE UNA DISTRIBUCIÓN BETA COMO MODELO PARA SU UTILIZACIÓN EN EL MÉTODO PERT,» *V Reunión Anual de ASEPELT-ESPAÑA*, pp. 1191-1199, 1991.
- [12] J.Pérez Porto y A.Gardey, «definicion.de,» 2010. [En línea]. Available: <https://definicion.de/varianza/>. [Último acceso: 28 02 2018].
- [13] D.Wackerly W.Mensenhall & R.Scheaffer (University of Florida), Estadística Matemática con Aplicaciones, México: CENGAGE Learning, 2008.

- [14] M.Marcos Cuervo, INTRODUCCIÓN A LA PLANIFICACIÓN POR ORDENADOR. EL programa MMPLAN, Madrid: Bellisco Ediciones, 2016.
- [15] A.Orjuela Duarte, MSc., M.Rojas, MSc, Grupo de investigación CICOM, Universidad De Pamplona, «www.redalyc.org,», Colombia, 19 Mayo 2008. [En línea]. Available: <http://www.redalyc.org/html/1331/133115027022/>. [Último acceso: 2018 01 26].
- [16] Agile Alliance, «www.agilealliance.org,» [En línea]. Available: <https://www.agilealliance.org/>. [Último acceso: 27 01 2018].
- [17] agilemanifesto.org/iso/es/principles.html, «agilemanifesto.org,» [En línea]. Available: <http://agilemanifesto.org/iso/es/principles.html>. [Último acceso: 23 02 2018].
- [18] P.Letelier y. M.C.Penadé, «www.cyta.com,» Departamento de Sistemas Informáticos y Computación (Universidad politécnica de Valencia), [En línea]. Available: http://www.cyta.com.ar/ta0502/b_v5n2a1.htm. [Último acceso: 25 01 2018].
- [19] P.Blanco, J.Camarero, A.Fumero, A.Weterski y P.Rodríguez, «www.researchgate.net,» [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Antonio_Fumero/publication/267795011_Metodologia_de_desarrollo_agil_para_sistemas_moviles_Introduccion_al_desarrollo_con_Android_y_el_iPhone/links/577009d108ae842225aa444b/Metodologia-de-desarrollo-agil-para-sistemas-m. [Último acceso: 27 01 2018].
- [20] J.Sutherland y. K.Schwaber, «www.scrumguides.org,» Julio 2013. [En línea]. Available: <http://www.scrumguides.org/docs/scrumguide/v1/scrum-guide-es.pdf>. [Último acceso: 2018 01 25].
- [21] J. Palacios, *Congreso IT Agile Enterprise Forum*,, Madrid: itSMF ESPAÑA.
- [22] A.Navarro Cadavid, J.Fernández Martínez y J.Morales Vélez, «www.redalyc.org,» 20 09 2013. [En línea]. Available: <http://www.redalyc.org/pdf/4962/496250736004.pdf>. [Último acceso: 29 01 2018].
- [23] M.Bermejo (Universidad Oberta de Catalunya), «www.camaraarmenia.org,» [En línea]. Available: [http://www.camaraarmenia.org.co/files/Produccion_multimedia_\(Modulo_4\).pdf](http://www.camaraarmenia.org.co/files/Produccion_multimedia_(Modulo_4).pdf). [Último acceso: 01 02 2018].
- [24] J.Fernandez Segura (Escuela de Informática, Universidad Nacional de Trujillo) «slideshare.net,» [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/jofese/metodologas-giles-y-metodologias-web-apra-el-desarrollo-de-software>. [Último acceso: 02 02 2018].
- [25] D.Sato, D.Bassi, M.Bravo, A.Goldman Y F.Kon (Department of Computer Science, University of Sao Paulo) «link.springer.com,» [En línea]. Available: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-319-4495-5.pdf>. [Último acceso: 29 01 2018].
- [26] J.Joskowickz, «iie.fing.edu.uy,» Junio 2005. [En línea]. Available: <https://iie.fing.edu.uy/~josej/docs/XP%20-%20Jose%20Joskowicz.pdf>. [Último acceso: 27 01 2018].
- [27] J.A.Estrada (Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo), «repository.uaeh.edu.mx,» Junio 2006. [En línea]. Available: <http://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/10549/Sistema%20KANBAN.pdf?sequence=1>. [Último acceso: 02 02 2018].

- [28] I. L. Padilla, «files.udesprocesos.webnode.es,» *Revista Ingeniería primero*, vol. 15, pp. 64-69, Enero 2010.
- [29] C. J. Solís, R.G.Figueroa y A.A.Cabrera (Universidad Técnica Particular de Loja, Escuela de Ciencias en Computación [En línea].
- [30] U.Apaolaza Pérez de Eulate y A.Oyarbide Zubillaga (Escuela Politécnica Superior de Ingeniería de Modragón «adingor.es,» 08/09 09 2005. [En línea]. Available: http://adingor.es/congresos/web/uploads/cio/cio2005/prod_gest_operaciones//216.pdf. [Último acceso: 04 02 2018].
- [31] C. Parkinson, LA LEY DE PARKINSON, Seix Barral.
- [32] F.A.Rivera y A.Duran «Una reflexión sobre los fundamentos y la aplicabilidad de cadena critica en proyectos,» *DYNA Ingeniería e Industria*, vol. 78, pp. 10-13, 2003.
- [33] Dr.J.Rodríguez, «faitic.uvigo.es,» 30 10 2017. [En línea]. Available: <https://cursos.faitic.uvigo.es/tema1718/claroline/document/document.php?cmd=exChDir&file=%2FSEMINARIOS>. [Último acceso: 05 02 2018].
- [34] MCTS, Chatfield PMP and T.Johnson, Microsoft Project2013, United States in America: Practice files Plus ebook, 2015.
- [35] F.J.González de Lema Martínez, Tecnología de la construcción del buque, A Coruña: UNIVERSIDADE DA CORUÑA, 2007.
- [36] J. A. C. Ruiz, Mejora de métodos y tiempos de fabricación, Barcelona: marcombo ediciones técnicas, 2012.
- [37] F. Martínez, «La Escuela Naval, entre las instalaciones más consumidoras de Defensa,» *FARO DE VIGO*, 21 05 2013.
- [38] Google Earth. [En línea]. [Último acceso: 20 02 2018].
- [39] «Entrepreneur.com,» [En línea]. Available: <https://www.entrepreneur.com/article/255658>.
- [40] «/www.grupomyd.com,» [En línea]. Available: <http://www.grupomyd.com/construccion-de-naves-industriales/>.
- [41] D.A.Bravo García, «Metodología para el Control de Calidad en la Construcción de naves industriales,» Tesis de Maestría, Monterrey, 2011.
- [42] G.Santos, «El polígono de O Campiño acoge el primer punto limpio del municipio,» *farodevigo*, 5 Julio 2001.
- [43] L.B.Blázquez, «Construcción de terraplenes,» [En línea]. Available: https://sirio.ua.es/proyectos/manual_%20carreteras/02010202.pdf.
- [44] «Universidad Católica de Valparaíso,» [En línea]. Available: http://icc.ucv.cl/geotecnia/03_docencia/03_clases_catedra/clases_catedra_ms2/ms2/compactacion_suelos.pdf.
- [45] Dr.González Gil, «Faitic,» 2017. [En línea]. Available: Tema 6 de la asinatura Construcciones Industriales que se imparte en el Centro Universitario de la Defensa (CUD).
- [46] Grupo de empresas PATEC, «www.patec.org,» [En línea]. Available:

- <https://www.patec.org/index.php>. [Último acceso: 16 02 2018].
- [47] S.L., Asesoramiento y control de obras, «www.lanaveindustrial.com,», [En línea]. Available: <http://www.lanaveindustrial.com/informacion.asp#>. [Último acceso: 15 02 2018].
- [48] R.Cifuentes Álvarez, Trabajo de fin de grado, «idus.us.es,» [En línea]. Available: <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/11593/browse?value=Cifuentes+%C3%81lvarez%2C+Rosal+%C3%AD&type=author>. [Último acceso: 18 02 2018].
- [49] R. A. Camarasa, *Diseño de una nave industrial sin uso específico en la localidad de Vilamalla (Proyecto final de carrera/ Escuela Politécnica Superior Ingeniería técnica Industrial)*, Lleida, 2009.
- [50] N.Serra Peinado (Universidad Politécnica de Cataluña) «upcommons.upc.edu,» Available: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/13074/Pressupost.pdf?sequence=4&isAllwed=y>. 2011. [En línea]. [Último acceso: 20 02 2018].
- [51] C.Ingenieros, «<http://generadorprecios.cype.es/>,» CYPE Ingenieros, s.a., [En línea]. Available: http://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/Cimentaciones/Arriostramientos/Vigas_entre_zapatas/Viga_entre_zapatas.html. [Último acceso: 19 02 2018].
- [52] habitissimo.es, «habitissimo,» [En línea]. Available: <https://precio.habitissimo.es/limpieza-de-obra>. [Último acceso: 26 02 2018].
- [53] Arq.Derby González, Ing.Bonora Eve, Ing.Marlon e Ing.Noyola, «[upload.wikimedia](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/04/Camino_Critico_CPM-PERT.pdf),» [En línea]. Available: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/04/Camino_Critico_CPM-PERT.pdf. [Último acceso: 20 02 2018].
- [54] Administración de riesgos, AS/NZS 4360:1999 Estándar Australiano. [En línea]. Available: file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Standard_4360_-_Spanish2.pdf. [Último acceso: 2018 02 22].
- [55] D.E.Stephens, «www.march-jlt.es,» 12 2012. [En línea]. Available: <http://www.march-jlt.es/riesgo-politico-en-los-proyectos-de-construccion/>. [Último acceso: 24 02 2018].
- [56] R.C.Álvarez, «bibing.us.es,» 2007. [En línea]. Available: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/91124/fichero/Rosal%C3%AD+Cifuentes+Alvarez+TFG.pdf>. [Último acceso: 21 02 2018].
- [57] Dr.González, Apuntes de teoría de estructuras y construcciones industriales, Pontevedra, 2016-2017.
- [58] Universidad Autónoma de Madrid, «www.uam.es,» [En línea]. Available: https://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/gallardo/Tablas-normal-chi-t-F.pdf. [Último acceso: 04 03 2018].

ANEXO I: CÁLCULOS DE ACCIONES SOBRE CORREAS

Teniendo en cuenta los siguientes datos, se procede a calcular las cargas a las que estarán sometidas las correas de la cubierta y, por consiguiente, determinar si el perfil seleccionado será suficiente para no llegar a la rotura ni deformación máxima admisible.

Estructura de acero.

Dimensión en planta (23x30) m.

Separación entre pórticos 4,6 m.

Cubierta a 2 aguas con pendiente de 10°.

Localización de la construcción en Marín (Pontevedra).

Altura del punto más bajo 7,5m.

Separación entre correas 2m.

Perfil preliminar para correas IPE (160).

Material de cubierta tipo sándwich con un espesor de 50mm y un peso de $16\text{kg}/\text{m}^2$.

Huecos superficie < 5% de la fachada lateral.

Tabla A1-1 Datos de la estructura [Autoría propia]

Acciones permanentes

1º-Peso propio y carga permanente:

P. propio $\gg$ IPE 160 $\gg$ Mediante tablas de perfiles métricos $\gg 15,8\text{kg}/\text{m} = 0,158\text{KN}/\text{m}$

C.permanente $\gg$ Sandwich $\gg 16\text{kg}/\text{m}^2 \times 2\text{m} = 0,32\text{KN}$

$$G = PP + CP = 0,158 + 0,32 = 0,478\text{KN}/\text{m}$$

Acciones variables

1º Uso:

Utilizo tabla 3.1 del DB SE-AE

Categoría de uso G $\gg$ Cubiertas accesibles únicamente para conservación.

G1 $\gg$ Cubiertas ligeras sobre correas sin forjado.

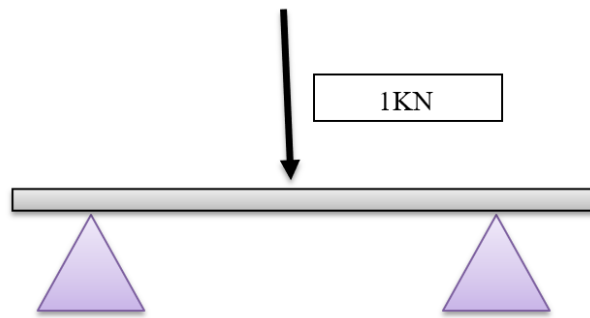


Figura A1-1 Carga concentrada de 1KN [Autoría propia]

Carga uniforme $\gg 0,4 \text{ KN/m}^2$

Carga concentrada $\gg 1 \text{ KN}$

2° Nieve:

Determinación de la carga de nieve en el apartado 3.5.1

En proyección horizontal $\gg q_n = \mu \times s_k$

$\mu \gg$ Coeficiente de forma de la cubierta según el apartado 3.5.3

$s_k \gg$ Valor característico de la carga de nieve sobre terreno horizontal según el apartado 3.5.2

$s_k \gg$ En el Anejo E (zona 1) y tabla 3.8 a una altitud de 0 (m) $\gg s_k = 0,3 \text{ KN/m}^2$

$\mu = 1 \gg$ ya que $(\alpha < 30^\circ)$

$q_n = 0,3 \text{ KN/m}^2$ sobre terreno horizontal.

$Q_n = q_n \times sc \times \cos(\alpha) = 0,3 \times 2 \times \cos(10) = 0,591 \text{ KN/m}$

3° Térmicas:

Como la longitud de las correas es de 4,6 (m), valor inferior a 40 (m), no se considerarán que existen desplazamientos de esta y, por consiguiente:

$Q_T = 0 \text{ KN/m}$

4° Viento:

$q_e = q_b \times c_e \times c_p$

La presión dinámica del viento; $q_b = 0,5 \text{ KN/m}^2$ pero podemos ser más precisos, gracias al Anejo D, zona A llegamos al valor de $0,42 \text{ KN/m}^2$

El coeficiente de exposición c_e lo podemos encontrar en el punto 3.3.3, en especial, la tabla 3.4 seleccionando un grado de aspereza I y una altura de punto entre 6 y 9 metros, el valor obtenido es de 3,0.

El coeficiente eólico se establece mediante los puntos 3.3.4 y 3.3.5, llevándonos al Anexo D3, tabla D6

- a- Para dirección del viento $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$ una pendiente de cubierta de 5° ya que nuestra inclinación era de $9,8^\circ$ y área de $9,2 \text{ m}^2$ elijo el valor más desfavorable, siendo este de -1,7 y 0,2.
- b- Para dirección del viento $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$ una pendiente de cubierta de 51° ya que nuestra inclinación era de $9,8^\circ$ y área de $9,2 \text{ m}^2$ elijo el valor más desfavorable, siendo este de -1,6.

Por tanto, finalmente seleccionamos de estos dos casos los valores más desfavorables, siendo estos el de -1,7 y 0,2.

$q_{e1} = q_b \times c_e \times c_{p1} = 0,42 \times 3 \times 0,2 = 0,252KN/m^2$ que al multiplicarlo por la separación entre las correas (2 m) obtenemos un valor de $0,504KN/m$

$q_{e2} = q_b \times c_e \times c_{p2} = 0,42 \times 3 \times (-1,7) = -2,142KN/m^2$ que al multiplicarlo por la separación entre las correas (2 m) obtenemos un valor de $-4,284KN/m$

En el cuadro inferior se encuentran recogidos los resultados de las cargas a las que se encuentra sometida la correa más solicitada.

Acción	Valor
Permanentes	0,478KN/m
Variable de uso	Carga uniforme >> $0,4KN/m^2$ Carga concentrada >> 1KN
Variable de nieve	0,591KN/m
Variable térmica	0KN/m
Variable de viento	Presión >> $0,504KN/m$ Succión >> $-4,284KN/m$

Tabla A1-2 Resultados de acciones [Autoría propia]

A continuación, se procede a determinar la combinación de cargas más desfavorable para la comprobación de estado límite último por rotura de la correa.

$$\sum Y_{G,j} \times G_{k,j} + Y_{Q,1} \times Q_{K,1} + \sum Y_{Q,i} \times \Psi_{0,i} \times Q_{k,i}$$

Mediante estas dos tablas podremos responder a esta cuestión.

Acciones	Coeficientes		
	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Sobrecarga de uso			
Categoría A: zonas residenciales	0,7	0,5	0,3
Categoría B: zonas administrativas	0,7	0,5	0,3
Categoría C: zonas destinadas al público	0,7	0,7	0,6
Categoría D: zonas comerciales	0,7	0,7	0,6
Categoría E: zona de tráfico y aparcamiento de vehículos ligeros (peso del vehículo menor a 30kN)	0,7	0,7	0,6
Categoría F: cubiertas transitables	Según uso		
Categoría G: cubiertas accesibles solo para mantenimiento	0	0	0
Nieve			
Altitudes > 1.000 m sobre el nivel del mar	0,7	0,5	0,2
Altitudes ≤ 1.000 m sobre el nivel del mar	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0
Acción térmica	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7

Tabla A1-3 Coeficientes correspondientes a las diferentes acciones (1) [44]

Tipo de comprobación	Acción	Desfavorable	Favorable
Estado Límite Último Resistencia	Peso propio	$\gamma_G = 1,35$	$\gamma_G = 0,80$
	Empuje del terreno	$\gamma_G = 1,35$	$\gamma_G = 0,70$
	Presión del agua	$\gamma_G = 1,20$	$\gamma_G = 0,90$
	Variable	$\gamma_Q = 1,50$	$\gamma_Q = 0$
Estado Límite Último Estabilidad	Peso propio	$\gamma_G = 1,10$	$\gamma_G = 0,90$
	Empuje del terreno	$\gamma_G = 1,35$	$\gamma_G = 0,80$
	Presión del agua	$\gamma_G = 1,05$	$\gamma_G = 0,95$
	Variable	$\gamma_Q = 1,50$	$\gamma_Q = 0$
Estado Límite de Servicio	Permanente	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,00$
	Variable	$\gamma_Q = 1,00$	$\gamma_Q = 0$

Tabla A1-4 Coeficientes correspondientes a las diferentes acciones (2) [44]

Comenzamos analizando para el viento de componente presión:

1-) Seleccionando el uso como variable principal obtenemos lo siguiente:

$$1,35 \times G + 1,5 \times Q_u + 0 = (1,35 \times 0,478) \text{ KN/m} + (1,5 \times 1) \text{ KN} = 0,6453 \text{ KN/m} + 1,5 \text{ KN}$$

2-) Seleccionando la nieve como variable principal obtenemos lo siguiente:

$$1,35 \times G + 1,5 \times Q_N + 1,5 \times Q_u \times 0 + 1,5 \times Q_e \times 0,6 = 1,35 \times 0,478 + 1,5 \times 0,591 + 0 + 0,6 \times 1,5 \times 0,504 = 0,6453 + 0,8865 + 0 + 0,4536 = 1,9854 \text{ KN/m}$$

3-) Seleccionando el viento como variable principal obtenemos lo siguiente:

$$1,35 \times G + 1,5 \times Q_e + 1,5 \times Q_u \times 0 + 1,5 \times Q_n \times 0,5 = 1,35 \times 0,478 + 1,5 \times 0,504 + 0,5 \times 1,5 \times 0,591 = 0,6453 + 0,756 + 0,44325 = 1,84455 \text{ KN/m}$$

Posteriormente analizamos para el viento de componente succión:

4-) Seleccionando el uso como variable principal obtenemos lo siguiente:

$$1,35 \times G + 1,5 \times Q_u + 0 = (1,35 \times 0,478) \text{ KN/m} + (1,5 \times 1) \text{ KN} = 0,6453 \text{ KN/m} + 1,5 \text{ KN}$$

5-) Seleccionando la nieve como variable principal obtenemos lo siguiente:

$$1,35 \times G + 1,5 \times Q_N + 0 = 1,35 \times 0,478 + 1,5 \times 0,591 = 1,5318 \text{ KN/m}$$

6-) Seleccionando el viento como variable principal obtenemos lo siguiente:

$$0,8 \times G + 1,5 \times Q_e + 0 + 0 = -6,0436 \text{ KN/m}$$

Posteriormente señalamos la más desfavorable que es:

$$0,8 \times G + 1,5 \times Q_e + 0 + 0 = -6,0436 \text{ KN/m}$$

Y la comenzamos a estudiar.

Procedemos a calcular el momento máximo:

$$M = \frac{q \times L^2}{8}$$

$$M = \frac{P \times L}{4}$$

Para que no rompa:

$$M = \frac{q \times L^2}{8} = \frac{6,0436 \times 4,6^2}{8} = 15,98 \text{ KN.m}$$

$$f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_m} = \frac{275 MPa}{1,05} = 262 MPa$$

$$W \geq \frac{M_{max}}{262 \times 10^6} = \frac{15,98 \cdot 10^3}{262 \cdot 10^6} = 6,099 \cdot 10^{-5} m^3$$

$$W \geq 60,99 cm^3$$

Debido a este resultado y como podemos observar en la tabla de perfiles normalizados podríamos seleccionar tanto el IPE 160 como el IPE 140 ya que ninguno de estos dos rompería frente a esta carga más desfavorable.

A continuación, se procede a determinar la combinación de cargas más desfavorable para la comprobación de estado límite servicio para la deformación máxima admisible para una correa.

$$\sum \gamma_{G,j} \times G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \times Q_{K,1} + \sum \gamma_{Q,i} \times \psi_{0,i} \times Q_{k,i}$$

Comenzamos analizando para el viento de componente presión:

1-) Seleccionando el uso como variable principal obtenemos lo siguiente:

$$1 \times G + 1 \times Q_u + 0 = (1 \times 0,478) KN/m + (1)KN = 0,478 KN/m + 1KN$$

2-) Seleccionando la nieve como variable principal obtenemos lo siguiente:

$$1 \times G + 1 \times Q_N + 1 \times Q_u \times 0 + 1 \times Q_e \times 0,6 = 1 \times 0,478 + 1 \times 0,591 + 0 + 0,6 \times 0,504 = 0,478 + 0,591 + 0,3024 = 1,3714 KN/m$$

3-) Seleccionando el viento como variable principal obtenemos lo siguiente:

$$1 \times G + 1 \times Q_e + 1 \times Q_u \times 0 + 1 \times Q_n \times 0,5 = 1 \times 0,478 + 1 \times 0,504 + 0,5 \times 1 \times 0,591 = 0,478 + 0,504 + 0,2955 = 1,2775 KN/m$$

Posteriormente analizamos para el viento de componente succión:

4-) Seleccionando el uso como variable principal obtenemos lo siguiente:

$$1 \times G + 1 \times Q_u + 0 = (1 \times 0,478) KN/m + (1 \times 1)KN = 0,478 KN/m + 1KN$$

5-) Seleccionando la nieve como variable principal obtenemos lo siguiente:

$$1 \times G + 1 \times Q_N + 0 = 1 \times 0,478 + 1 \times 0,591 = 1,069 KN/m$$

6-) Seleccionando el viento como variable principal obtenemos lo siguiente:

$$1 \times G + 1 \times Q_e + 0 + 0 = -3,806 KN/m$$

Posteriormente señalamos la más desfavorable que es:

$$1 \times G + 1 \times Q_e + 0 + 0 = -3,806 KN/m$$

Y la comenzamos a estudiar.

La deformación máxima admisible es $\frac{L}{300} = \frac{4,6}{300} = 0,01533m = 1,53cm$

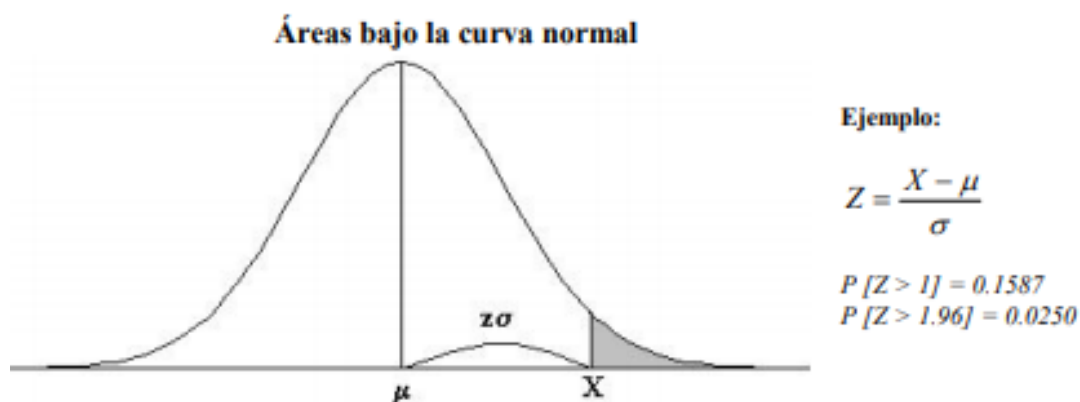
Posteriormente calculamos la flecha por la combinación de la carga 6:

$$f = \frac{5 \times q_{ELS} \times L^4}{384 \times E \times I} = \frac{5 \times 3,806 \times 10^3 \times 4,6^4}{384 \times 210 \times 10^9 \times 869,3 \times 10^{-8}} = 0,012154m = 1,2154cm$$

$$f_{comb6} < f_{maxadm}$$

Por tanto, con el perfil seleccionado IPE 160 se cumplirán los requisitos de deformación máxima y soportará los esfuerzos a los que se encuentra sometido. [55]

ANEXO II: DISTRIBUCIÓN NORMAL



Desv. normal x	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.4960	0.4920	0.4880	0.4840	0.4801	0.4761	0.4721	0.4681	0.4641
0.1	0.4602	0.4562	0.4522	0.4483	0.4443	0.4404	0.4364	0.4325	0.4286	0.4247
0.2	0.4207	0.4168	0.4129	0.4090	0.4052	0.4013	0.3974	0.3936	0.3897	0.3859
0.3	0.3821	0.3783	0.3745	0.3707	0.3669	0.3632	0.3594	0.3557	0.3520	0.3483
0.4	0.3446	0.3409	0.3372	0.3336	0.3300	0.3264	0.3228	0.3192	0.3156	0.3121
0.5	0.3085	0.3050	0.3015	0.2981	0.2946	0.2912	0.2877	0.2843	0.2810	0.2776
0.6	0.2743	0.2709	0.2676	0.2643	0.2611	0.2578	0.2546	0.2514	0.2483	0.2451
0.7	0.2420	0.2389	0.2358	0.2327	0.2296	0.2266	0.2236	0.2206	0.2177	0.2148
0.8	0.2119	0.2090	0.2061	0.2033	0.2005	0.1977	0.1949	0.1922	0.1894	0.1867
0.9	0.1841	0.1814	0.1788	0.1762	0.1736	0.1711	0.1685	0.1660	0.1635	0.1611
1.0	0.1587	0.1562	0.1539	0.1515	0.1492	0.1469	0.1446	0.1423	0.1401	0.1379
1.1	0.1357	0.1335	0.1314	0.1292	0.1271	0.1251	0.1230	0.1210	0.1190	0.1170
1.2	0.1151	0.1131	0.1112	0.1093	0.1075	0.1056	0.1038	0.1020	0.1003	0.0985
1.3	0.0968	0.0951	0.0934	0.0918	0.0901	0.0885	0.0869	0.0853	0.0838	0.0823
1.4	0.0808	0.0793	0.0778	0.0764	0.0749	0.0735	0.0721	0.0708	0.0694	0.0681
1.5	0.0668	0.0655	0.0643	0.0630	0.0618	0.0606	0.0594	0.0582	0.0571	0.0559
1.6	0.0548	0.0537	0.0526	0.0516	0.0505	0.0495	0.0485	0.0475	0.0465	0.0455
1.7	0.0446	0.0436	0.0427	0.0418	0.0409	0.0401	0.0392	0.0384	0.0375	0.0367
1.8	0.0359	0.0351	0.0344	0.0336	0.0329	0.0322	0.0314	0.0307	0.0301	0.0294
1.9	0.0287	0.0281	0.0274	0.0268	0.0262	0.0256	0.0250	0.0244	0.0239	0.0233
2.0	0.0228	0.0222	0.0217	0.0212	0.0207	0.0202	0.0197	0.0192	0.0188	0.0183
2.1	0.0179	0.0174	0.0170	0.0166	0.0162	0.0158	0.0154	0.0150	0.0146	0.0143
2.2	0.0139	0.0136	0.0132	0.0129	0.0125	0.0122	0.0119	0.0116	0.0113	0.0110
2.3	0.0107	0.0104	0.0102	0.0099	0.0096	0.0094	0.0091	0.0089	0.0087	0.0084
2.4	0.0082	0.0080	0.0078	0.0075	0.0073	0.0071	0.0069	0.0068	0.0066	0.0064
2.5	0.0062	0.0060	0.0059	0.0057	0.0055	0.0054	0.0052	0.0051	0.0049	0.0048
2.6	0.0047	0.0045	0.0044	0.0043	0.0041	0.0040	0.0039	0.0038	0.0037	0.0036
2.7	0.0035	0.0034	0.0033	0.0032	0.0031	0.0030	0.0029	0.0028	0.0027	0.0026
2.8	0.0026	0.0025	0.0024	0.0023	0.0023	0.0022	0.0021	0.0021	0.0020	0.0019
2.9	0.0019	0.0018	0.0018	0.0017	0.0016	0.0016	0.0015	0.0015	0.0014	0.0014
3.0	0.0013	0.0013	0.0013	0.0012	0.0012	0.0011	0.0011	0.0011	0.0010	0.0010

Tabla A2-1 Distribución normal [58]

ANEXO III: FORMATOS DE LAS ENCUESTAS REALIZADAS

Formato papel



CENTRO UNIVERSITARIO DE LA DEFENSA

Encuesta anónima sobre la gestión de proyectos y tiempos en la Escuela Naval Militar

Indicación: A continuación, se muestran una serie de preguntas, se ruega que se respondan con total sinceridad, para ser posteriormente analizadas las respuestas.

1º Usted forma parte del:

- Profesorado civil ☐
- Profesorado militar ☐
- Alumnado ☐

2º ¿Considera que una correcta gestión de proyectos reportará mayores beneficios a una organización?

- Sí ☐
- No ☐

3º Desde su punto de vista, ¿piensa que las actividades llevadas a cabo por los alumnos en la Escuela Naval Militar se podrían gestionar de una forma más eficiente?

(En caso de ser afirmativa la respuesta, especificar brevemente)

- Sí ☐
- No ☐

.....

.....

4º Con respecto a los periodos de instrucción y adiestramiento de los alumnos, ¿piensa que existen tiempos muertos que podrían ser aprovechados?

- Sí ☐
- No ☐

Gracias por su participación

Ilustración A3-1 Formato papel de la encuesta realizada [Autoría propia]

Formato digital

ENCUESTA ANÓNIMA SOBRE LA GESTIÓN DE PROYECTOS Y TIEMPOS EN LA ENM

A continuación, se muestran una serie de preguntas, se ruega que se respondan con total sinceridad para posteriormente ser analizadas.

***Obligatorio**

Usted forma parte del *

☐ Profesorado civil

☐ Profesorado militar

☒ Alumnado

¿Considera que una correcta gestión de proyectos reportará mayores beneficios a una organización? *

☒ Sí

☐ No

Desde su punto de vista, ¿piensa que las actividades llevadas a cabo por los alumnos en la Escuela Naval Militar se podrían gestionar de una forma más eficiente? *

☒ Sí

☐ No

Con respecto a los periodos de Instrucción y adiestramiento de los alumnos, ¿piensa que existen tiempos muertos que podrían ser aprovechados? *

☒ Sí

☐ No

Gracias por su participación

Ilustración A3-2 Formato digital de la encuesta realizada [Autoría propia]

ANEXO IV: PRESUPUESTOS APROXIMADOS

Presupuesto proporcionado por PATEC



Oficina técnica:
PATEC (Cáceres)

Fabricación y montaje:
TALLERES
(por toda España)

ATENCIÓN COMERCIAL:
Andalucía, Extremadura,
Toledo y Ciudad Real
608 391 683
Cataluña, Aragón y Castellón
680 421 033
Resto de España
696 486 257

Presupuesto de ejecución de ESTRUCTURA METALICA laminada soldada Nave industrial en Marín (Pontevedra)

v83

Superficie total en planta: 690 m²

Fecha: 17-feb-2018
(validez 1 mes)

Medición salvo error u omisión

ESTRUCTURA, CERRAMIENTOS y CUBIERTA (ejecutados en obra)

Perfiles de acero laminado soldado de vigas, pilares, correas de cubierta y fachadas, y placas anclaje,	690,0	m² planta
Panel de cubierta sandwich de 50 mm prelacado, nucleo de poliuretano de 40 kg/m³, chapas 0,4/0,4 mm,	720,7	m²
Cerramiento de hastiales con chapa pregalvanizada y prelacada de 40 mm y 0,6 mm de espesor de chapa,	118,5	m²
Cerramiento de fachadas con chapa pregalvanizada y prelacada de 40 mm y 0,6 mm de espesor de chapa,	770,0	m²
Remate del cumbretero con chapa prelacada plegada de 0,6 mm de espesor y 62 cm de desarollo max.,	23,0	ml
Remate de cubierta con hastiales, con chapa prelacada plegada de 0,6 mm de esp. y 62 cm desarr. max.,	60,0	ml
Remate de esquinas de fachadas, con chapa prelacada plegada de 0,6 mm de esp. y 62 cm desarr.max.,	30,0	ml
1 puerta abatible de chapa grecada prelacada de 0,6 mm de espesor de chapa, de 5x5 m2, con subestructura,	25,0	m²
TOTAL PRESUPUESTO.....	103,97 €/m² x 690 m² =	71.740 €

CIMENTACIÓN y SOLERA (a ejecutar por el cliente, con nuestras cuantías)

Hormigón de limpieza H10 de 100 kg/cm² de resistencia a compresión y 10 cm de espesor,	7,7	m³
Acero corrugado de calidad B500S formando parillas o vigas riostras, colocado en las zanjas de cimentación,	1.412,1	kg
Montaje placas anclaje de pilares y encamillado para que no se muevan o desplacen durante el hormigonado,	22,0	ud
Hormigón para armar H25 (250 kg/cm² de resistencia), vertido y vibrado en zanjas de cimentación,	63,9	m³

Incluye este presupuesto:

Solamente las partidas que se enumeran anteriormente, calculo de estructura y cimentacion por ingeniero superior especializado en estructura metálicas y de hormigón, con amplio curriculum (se puede ver en www.patec.org), visado por Colegio Profesional con seguro de responsabilidad civil de 3.000.000 €; pintura antioxidante del acero laminado de color marrón (recomendado), correas galvanizadas, color de paneles o chapas a elegir dentro de la gama normal de nuestro proveedor; medios auxiliares de montaje; medios de elevación con camión pluma y plataformas elevadoras (si fueran necesarias) considerando siempre que hay acceso libre a todo el recinto interior y exterior de la nave; transporte de los materiales señalados anteriormente considerando que hay acceso libre hasta la nave; estructura preparada para unión en obra por soldadura.

No incluye este presupuesto:

La cimentación, ferrallas, solera; bajantes para pluviales; petos de fachada por encima de la cubierta; redes de seguridad ni líneas de vida al utilizarse plataformas elevadoras para el montaje; protección contra el fuego; ventanas o premarcos o subestructura de ventanas; otros remates de chapas o de paneles no indicados anteriormente; permisos, licencias, accesos a obra; agua, electricidad; medios de seguridad y salud colectivos, casetas de obra; ensayos de materiales o de soldaduras; IVA; financiación. En general este presupuesto no incluye cualquier otra partida o material no indicado expresamente en este documento.



Oficina técnica:
PATEC (Cáceres)
Fabricación y montaje:
TALLERES
(por toda España)

ATENCIÓN COMERCIAL:
Andalucía, Extremadura,
Toledo y Ciudad Real
608 391 683
Cataluña, Aragón y Castellón
680 421 033
Resto de España
696 486 257

Hipótesis consideradas:

- Dimensiones exteriores: Ancho de la nave 0,20+30,00+0,20 m. Longitud 23,00 m. Altura de cubierta (a cara exterior de pilar) 7,50 m.
- Localidad Marín. Altura topográfica 20 m. Zona climática 1. Carga de nieve 32 kg/m².
- Nave cerrada desde un punto de vista del viento, situada en zona eólica B, y con grado de aspereza del entorno tipo 1 que se corresponde con el borde del mar o de un lago.
- Estructura resuelta con marcos rígidos. Considerada como aislada desde un punto de vista del fuego.
- Cubierta a 2 aguas. Pendiente del 25% ó 14°. Altura del triángulo del cumbretero o hastial 3,75 m.
- Separación entre pórticos centrales 5,75 m. Y separación entre pilares testeros 4,29 m.
- El sistema de estructura, para las vigas centrales de cubierta, será pórtico con cartelas de canto aprox. 40 cm.
- Pórticos centrales con pilares tipo IPE, y vigas de cubierta con perfiles tipo IPE.
- Pilares testeros tipo IPE y vigas testeras tipo IPE.
- Altura libre junto a los pilares de pórticos centrales 6,64 m (sólo puntualmente). Altura libre más baja a las correas de cubierta 7,30 m. Altura central libre a vigas 10,72 m. Altura central libre a las correas de cubierta 11,05 m. (Todas medidas aproximadas).
- Cubierta con correas tipo Z y panel sándwich de 50 mm. Correas montadas por encima de las vigas de los pórticos.
- Se ha tenido en cuenta en el cálculo la carga de mantenimiento de cubiertas.
- Altura del cerramiento perimetral de chapa grecada 7,45 m. Cerramiento por el exterior de los pilares.
- Placas de anclaje de la estructura de cubierta, y sus garrotas o pernos, incluidos en el acero de la estructura.
- Cimentación con solera necesariamente. Tensión admisible del terreno inicialmente considerada 1,5 kg/cm².
- Todo el cálculo de la estructura se realizará cumpliendo rigurosamente con el CTE.- Código Técnico de la Edificación español, así como con los EC.- Eurocódigos, y para la cimentación con la EHE.- Instrucción de Hormigón Estructural de España.

Ejemplos de estructuras similares de naves industriales:



Presupuesto proporcionado por LaNaveIndustrial

Estimación de costes / Proveedores / Ingenierías / Inmobiliaria Industrial / Comunidad / Información

Estimación de costes

Resultado

Coste estimado pesetas	37,194,267
Coste estimado euros	223,542.05

Coste estimado para una nave industrial de 750.00m² con una altura libre de menos de 8 metros y realizada con unas calidades medias

Incluye la urbanización de 1000m² realizandose los pavimentos con hormigón y de acuerdo a unas calidades medias

Esta estimación incluye los honorarios a pagar por la realización del proyecto técnico y la dirección de obra.

Esta estimación incluye los pagos correspondientes a la licencia de obra.

El coste estimado resultante no incluye:

- Instalaciones eléctricas, contra incendios, climatización o cualquier otra específica del uso final del edificio.
- Puentes-grúa, muelles de carga, plataformas o cualquier otro equipo específico
- Mobiliario, decoración, rótulos...
- Movimientos de tierras o cimentaciones especiales (vaciado, terraplenes o rellenos, piltaje...)

¿Quiere tener una estimación del coste de una nave industrial? Rellene cuidadosamente el siguiente formulario y pulse sobre calcular:

LaNaveIndustrial.com

ANEXO V: ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO

Libro de referencia 1



Ilustración A5-1 Portada del libro de referencia 1 [5]

Prestigio

Prestigio editorial. ICEE y posición en ranking general y por disciplinas

General (504 editoriales)		Antropología (45 editoriales)		Arqueología y Prehistoria (48 editoriales)		Bellas Artes (44 editoriales)		Biblioteconomía y Documentación (37 editoriales)		Ciencias Políticas (30 editoriales)		Comunicación (48 editoriales)		Derecho (95 editoriales)		Economía (72 editoriales)	
ICEE	Posición	ICEE	Posición	ICEE	Posición	ICEE	Posición	ICEE	Posición	ICEE	Posición	ICEE	Posición	ICEE	Posición	ICEE	Posición
14.570	17 de 259							0.104	14 de 22			0.207	7 de 20			1.372	11 de 40

Educación (156 editoriales)		Estudios Árabes y Hebráicos (53 editoriales)		Filosofía (91 editoriales)		Geografía (81 editoriales)		Historia (231 editoriales)		Lingüística, Literatura y Filología (195 editoriales)		Psicología (46 editoriales)		Sociología (46 editoriales)	
ICEE	Posición	ICEE	Posición	ICEE	Posición	ICEE	Posición	ICEE	Posición	ICEE	Posición	ICEE	Posición	ICEE	Posición
8	8 de 65					0.111	15 de 32	0.810	19 de 97	0.349	37 de 120	1.779	8 de 48	0.135	16 de 34

ICEE: Indicador de prestigio percibido por los expertos. Más información sobre su cálculo en http://ilia.cchs.csic.es/SPI/metodologia_2014.html

Posición: posición que ocupa la editorial en el ranking según su valor de ICEE. La posición de cada editorial se pone en relación con el número total de posiciones o va registran en el ranking.

Se aporta el número total de editoriales de cada ranking bajo cada disciplina. Algunas editoriales comparten el valor de ICEE y, por tanto, tienen la misma posición..

Especialización editorial

Número de títulos en las dos primeras disciplinas con mayor número de títulos publicados y porcentaje que representan respecto al total de títulos en el área (share). DILVE

Número de títulos: número de títulos en las dos disciplinas predominantes en cada editorial

Share: porcentaje que los títulos publicados en cada materia representan respecto al total de títulos en el área

Fuente de datos: DILVE

Proceso de selección de originales

Sistema de revisión de originales declarado por la editorial. Libros científicos

Información sobre los procesos de selección de originales de libros científicos declarados por la editorial, a partir de una encuesta realizada por el Grupo ÍLIA.

Scholarly Publishers Indicators Expanded

Editorial	Book Citation Index	SCOPUS	Norwegian lists (CRISTIN)	FINNISH LIST	SPI	Nº BBDD
Pearson					●	2

Libro de referencia 2

CURSO DE ECONOMÍA DE LA EMPRESA INTRODUCCIÓN

Eduardo Pérez Gorostegui

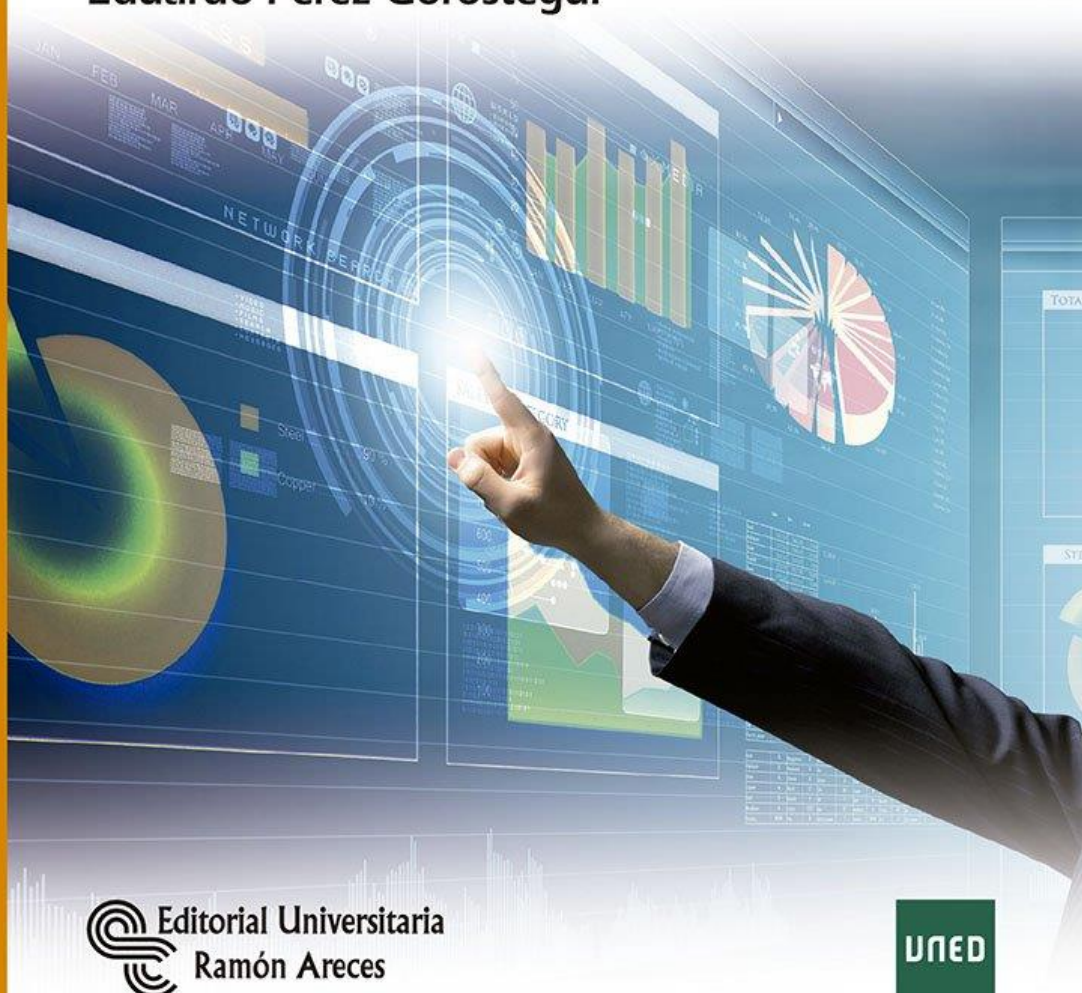


Ilustración A5-2 Portada del libro de referencia 2 [10]

Prestigio

Prestigio editorial. ICEE y posición en ranking general y por disciplinas

General (504 editoriales)		Antropología (45 editoriales)		Arqueología y Prehistoria (48 editoriales)		Bellas Artes (44 editoriales)		Biblioteconomía y Documentación (37 editoriales)		Ciencias Políticas (30 editoriales)		Comunicación (48 editoriales)		Derecho (95 editoriales)		Economía (72 editoriales)	
ICEE	Posición	ICEE	Posición	ICEE	Posición	ICEE	Posición	ICEE	Posición	ICEE	Posición	ICEE	Posición	ICEE	Posición	ICEE	Posición
5.436	47 de 272	0.109	15 de 28	0.130	15 de 26									0.058	33 de 61	0.050	32 de 43

Educación (156 editoriales)		Estudios Árabes y Hebraicos (53 editoriales)		Filosofía (91 editoriales)		Geografía (81 editoriales)		Historia (231 editoriales)		Lingüística, Literatura y Filología (195 editoriales)		Psicología (46 editoriales)		Sociología (46 editoriales)	
ICEE	Posición	ICEE	Posición	ICEE	Posición	ICEE	Posición	ICEE	Posición	ICEE	Posición	ICEE	Posición	ICEE	Posición
0.266	33 de 94			0.059	36 de 59	0.117	19 de 42	0.283	48 de 122	0.321	40 de 119	0.296	11 de 77	0.114	23 de 75

ICEE: Indicador de prestigio percibido por los expertos. Más información sobre su cálculo en http://ilia.cchs.csic.es/SPI/metodologia_2014.html

Posición: posición que ocupa la editorial en el ranking según su valor de ICEE. La posición de cada editorial se pone en relación con el número total de posiciones o valores que se registran en el ranking.

Se aporta el número total de editoriales de cada ranking bajo cada disciplina. Algunas editoriales comparten el valor de ICEE y, por tanto, tienen la misma posición..

Especialización editorial

Número de títulos en las dos primeras disciplinas con mayor número de títulos publicados y porcentaje que representan respecto al total de títulos en el área (share). DILVE

Materia 1	EDUCACIÓN PEDAGOGÍA
Nº de títulos (materia 1)	358
Share 1	3.580
Materia 2	PSICOLOGÍA
Nº de títulos (materia 2)	208.000
Share 2	4.440

Número de títulos: número de títulos en las dos disciplinas predominantes en cada editorial

Share: porcentaje que los títulos publicados en cada materia representan respecto al total de títulos en el área

Proceso de selección de originales

Sistema de revisión de originales declarado por la editorial. Libros científicos

En la opinión del director/a de la editorial	No
En la opinión del director/a de la colección	No
En el informe de un comité de lectura interno (de la editorial)	No
En el informe de un comité de lectura interno (de la colección)	No
En el informe de especialistas externos a la editorial (de la editorial)	Sí
En el informe de especialistas externos a la editorial (de la colección)	No

Scholarly Publishers Indicators Expanded

Editorial	Book Citation Index	SCOPUS	Norwegian lists (CRISTIN)	FINNISH LIST	SPI	Nº BBDD
Uned					●	1