

Capítulo 6

LA VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

6.1. INTRODUCCIÓN

En los capítulos precedentes de esta tesis se ha propuesto un sistema de toma de decisiones de carácter general, y posteriormente se ha aplicado al ámbito específico de la construcción. Posteriormente se ha analizado su aplicabilidad en el contexto de la toma de decisión en equipo, mediante su adaptación a la técnica de la metodología del valor o “Value Management” (capítulo 5 y apéndices H e I) y se ha estudiado su aplicabilidad en las distintas áreas de la gestión de proyectos o “Project Management” y la integrabilidad de las herramientas propias o utilizadas en cada una de estas vertientes de dicha disciplina (apéndices M y N).

En este contexto, se plantea este capítulo, con los siguientes objetivos, que se derivan de forma lógica del desarrollo de la tesis hasta el momento:

- *Validar* el carácter práctico de la propuesta mediante el análisis de su comportamiento a través del ensayo de su funcionamiento mediante diversos casos de aplicación.
- *Glosar* mediante ejemplos prácticos las ideas contenidas a lo largo de la tesis para facilitar su comprensión y la estimación de su alcance

Para ello, se planteará un método de verificación estadístico, basado en el ensayo de la propuesta en un determinado número de puntos estratégicamente escogidos en el marco del campo de aplicación de la propuesta. La comprobación se realizará contrastando la experiencia de la aplicación del sistema en un conjunto de casos prácticos con las características previstas en su diseño teórico. Dichos casos prácticos son imaginarios, si bien están basados en la experiencia profesional del autor de la tesis y tienen, por tanto, una base real. No obstante, por razones obvias, tanto los nombres como los datos del problema (como por ejemplo los económicos), no son reales, si bien

se sitúan en el orden de magnitud que se da en la práctica profesional. Como es lógico, estos casos se han diseñado de forma que intervengan el máximo número posible de aspectos tratados durante la tesis, lo cual es más complejo de conseguir en un caso real.

6.2. EL PLANTEAMIENTO DE LA VERIFICACIÓN

El método de verificación

Al no tratarse de un modelo físico verificable mediante ensayo en laboratorio, las características de la propuesta de esta tesis obligan a plantear una metodología de verificación basada en otro tipo de comprobación. Esta experimentación se planteará de modo análogo al utilizado en la investigación científica y tecnológica. En concreto, se establecerá un método de ensayo estadístico a partir de la experiencia de su aplicación en una serie de casos tomados como muestras representativas de todo el posible campo de aplicación. Dichos casos tienen una base real, si bien se han adaptado a los efectos de esta tesis para sacar más partido a su estudio. Asimismo, por discreción se ha evitado utilizar nombres y datos reales.

No obstante, dado el carácter de la propuesta, en su evaluación no podrá llegarse a un resultado evidente e indiscutible, como el relativo a la experimentación física. Lo que se pretende demostrar, por tanto, es que la propuesta de esta tesis es *aplicable*. Además, la parte subjetiva del concepto de valor y, por consiguiente, de la toma de decisión, hace que en muchos casos la alternativa escogida tenga un carácter discutible. Por tanto, lo determinante en la verificación no será tanto el resultado de la toma de decisión en cada caso, el cual dependería del decisor, sino el aspecto metodológico, concretado en la eficacia y utilidad de los elementos que introduce el sistema propuesto para la comprensión y análisis del problema. Según este planteamiento, en cada uno de los casos considerados se ha planteado un esquema estructurado en tres subapartados:

1. Descripción del problema
2. Descripción del estudio realizado
3. Resultados del estudio

En el tercer subapartado de cada caso se describen los resultados de la aplicación del sistema IDS (las matrices de procesos y requerimientos, los árboles de requerimientos y los conjuntos difusos obtenidos mediante la aplicación del aparato matemático propuesto. En este sentido cabe comentar que estos resultados son suficientes para demostrar la aplicabilidad del sistema propuesto, aunque de forma parcial, ya que no incluye el caso relativo a su aplicación en un contexto de trabajo en equipo. Para suplir esta carencia se ha introducido el segundo subapartado de cada caso práctico considerado, donde se realiza la verificación de la aplicabilidad de la propuesta en el ámbito de las decisiones en equipo (es decir, en un contexto de utilización del sistema IDS como articulación de la técnica del “Value Management” o metodología del valor). Para ello, se han diseñado una serie de situaciones imaginarias, relativas a posibles estudios a realizar en los casos anteriormente planteados.

Obviamente, el mejor modo de verificar la propuesta en un contexto como el descrito anteriormente sería a través de ejercicios reales, donde participasen, según el caso, cargos de las administraciones del estado y/o autonómicas, directivos de empresas, técnicos encargados del diseño y ejecución del proyecto, etc. No obstante, una verificación de estas características hubiera requerido convocar a las citadas personas para realizar varios estudios reales, y por tanto hubiera dilatado en exceso el cierre de esta tesis. Además, analizar un único caso no se considera suficiente, pues abarcaría tan

sólo una parte del campo de aplicación planteado en esta investigación (véase el capítulo 4, apartado 4.5).

Esta es la razón por la que los casos estudiados se han desarrollado con la colaboración de estudiantes, profesores universitarios y algunos profesionales. En este sentido, durante en el contexto de esta investigación se han realizado algunas experiencias de equipos de trabajo formados por estudiantes (Mestre et al., 2001; Blanca et al., 2001), que han dado luces al desarrollo de la tesis y han ayudado a verificar la aplicabilidad de diversas partes del contenido de la misma. No obstante, para la práctica de esta técnica son de gran importancia los conocimientos y opiniones de altos cargos de la administración y la empresa privada, (cuya presencia para un ejercicio de estas características no era viable en la fecha de cierre de esta tesis). A pesar de ello, no se considera estrictamente necesario para esta verificación que las situaciones descritas sean reales, sino que basta con que pudieran serlo, es decir, es suficiente que sean viables, pues lo que se intenta verificar es la *aplicabilidad* de la propuesta. Por consiguiente, los desarrollos de los estudios descritos en este capítulo en el segundo subapartado de cada caso planteado son una aproximación de lo que podría ser un caso real.

En cualquier caso, se reconoce que sería más completa una verificación a través de casos totalmente reales, y de hecho en la fecha de cierre de esta investigación se está trabajando en la organización de talleres de trabajo sobre varios proyectos, según el planteamiento de esta tesis.

Las características a verificar

En coherencia con este planteamiento de verificación, deben determinarse las principales características del sistema IDS propuesto de cara a contrastarlas con la práctica. De los capítulos anteriores de esta tesis, pueden extraerse tres rasgos principales de la propuesta, en los que se ha hecho énfasis en repetidas ocasiones:

- *Potencialidad*: capacidad de analizar el problema y de afinar en la estimación
- *Aplicabilidad*: capacidad de ser aplicada en los diferentes contextos descritos
- *Flexibilidad*: capacidad de adaptación según el grado de simplificación que se desee

El marco de la verificación

Para plantear un ensayo estadístico del sistema propuesto en puntos representativos de su campo de aplicación, debe establecerse un marco de referencia del mismo, en orden a plantear estratégicamente en él un cierto número de situaciones que permitan asegurar que su comportamiento es satisfactorio.

En este sentido, dada la amplitud de la potencialidad del sistema IDS propuesto no será posible una comprobación de su comportamiento en todas las posibles áreas de aplicación. Por ello, se centrará el análisis en el sector de la construcción, dado que, en el contexto de la presente investigación, constituye el primer campo de interés en la aplicación de la propuesta. Evidentemente, esta acotación del análisis limita el alcance de la verificación, si bien permite la factibilidad de la misma en el contexto de los

condicionantes de este trabajo. Obviamente, ello no es óbice para futuras comprobaciones en otros ámbitos. En el ámbito de la construcción, puede modelizarse el campo de aplicación de la propuesta según tres elementos:

- *Ciclo de vida del proyecto*: planificación, concepción, materialización, uso o deconstrucción
- *Tipo de obra*: obra civil o edificación
- *Contexto de la toma de decisión*: individual o en grupo

Obviamente estos tres ejes de análisis suponen una considerable simplificación de la realidad, pues en cada uno de ellos podríamos encontrar un gran número de variantes. Baste considerar, por ejemplo, las subfases del ciclo de vida comentadas en el capítulo 6, o la diversidad en los tipos de obras civiles (marítimas, carreteras, ferrocarril, obras hidráulicas, etc.) y en la edificación; residencial (apartamentos, chalets), no residencial (edificios industriales, oficinas, edificios singulares, edificios públicos, etc.). Por otro lado, en lo referente al contexto de la toma de decisión también pueden distinguirse infinidad de variantes según el número de los integrantes del trabajo en equipo, los condicionantes del estudio, etc.

Los puntos de verificación

Sin embargo, a pesar de sus limitaciones, este esquema aporta un marco para plantear una comprobación estadística en puntos estratégicos del mapa del área de aplicabilidad de la propuesta. Por tanto, con esta perspectiva de la limitación que toda comprobación implica, se plantean los siguientes puntos de verificación de la propuesta en el mapa o esquema planteado anteriormente (tabla 6.1):

	OBRA CIVIL	EDIFICACIÓN
PLANIFICACIÓN	VP1: Estudio estratégico de una actuación urbanística y costera	
MATERIALIZACIÓN	<i>PM1: Modificación en obra del proyecto de una carretera</i>	VE1: Anteproyecto de un edificio logístico <i>PM2: Elección de un contratista para un conjunto de edificios residenciales</i>
USO		VE2: Proyecto de ampliación en un edificio de producción
DECONSTRUCCIÓN	VE3: Proyecto de demolición de un viaducto	

En cursiva: tomas de decisión planteadas de forma individual (PM)

En negrita: tomas de decisión planteadas en equipo (mediante VM)

Tabla 6.1. Mapa de los puntos de verificación del sistema IDS

Las tomas de decisión en equipo se estudiarán en un en un contexto de aplicación de la metodología del valor (VM¹), en un nivel estratégico (VP²) o en un nivel de ingeniería (VE³) De este modo se llevará a cabo la verificación del contenido del capítulo 5 de esta tesis.

Por otro lado, las tomas de decisión en un contexto individual servirán para sopesar la aplicabilidad de la propuesta en su uso por parte de un gestor de proyectos, entendiendo este concepto en sentido amplio (ya que puede englobar al project manager, jefe de obra, director de obra, etc.). En este segundo caso se utiliza para abreviar la notación “PM”, que significa “Project Management”. Por tanto, servirá como verificación del contenido del capítulo 4, si bien ha de quedar claro que dicho capítulo también contempla la toma de decisión en equipo (baste considerar al respecto que la metodología del valor ha sido encuadrada en este marco general en el citado capítulo), es decir, también forma parte de la gestión de proyecto.

Asimismo, a lo largo del desarrollo de los puntos de verificación propuestos se demostrará la aplicabilidad del IDS de forma cuantitativa, siguiendo estrictamente el tratamiento matemático descrito en el capítulo 3, o bien de forma cualitativa, utilizando el sistema IDS como marco de trabajo y guía para la estimación cualitativa.

Finalmente, los casos planteados se encuadran tanto en el sector público como en el privado, e intervienen individuales y organizaciones de uno y otro ámbito. En definitiva, como se observa, mediante los puntos de verificación planteados se pretende cubrir todo el espectro del campo de aplicación de la propuesta en este contexto.

¹ VM (“Value Management”): en esta tesis se traduce como metodología del valor o gestión del valor (véase el apartado 5.2 del capítulo 5)

² VP (“Value Planning”): Es la aplicación de la metodología del valor en un plano estratégico. Podría traducirse como “Planificación del Valor”

³ VE (“Value Engineering”): Es la aplicación de la metodología del valor a nivel de ingeniería o de materialización. Puede traducirse como “Ingeniería del valor”

6.3. ESTUDIO ESTRATÉGICO DE UNA ACTUACIÓN URBANÍSTICA Y COSTERA (CASO VP1)

6.3.1. Descripción del caso

Con el afán de dar un nuevo impulso económico a la ciudad de Barcelona, se plantea la posibilidad de abordar un proyecto de gran magnitud, que englobaría una serie de actuaciones urbanísticas y costeras orientadas a la parte oriental de la costa barcelonesa. En la figura 6.1 se adjunta un plano de emplazamiento de la citada actuación urbanística y costera.

Como puede observarse en la citada figura, el proyecto planteado podría situarse en dos municipios: Sant Adrià del Besòs y Badalona. El primero de ellos, es un municipio de pequeña extensión con relación a Barcelona y Badalona, si bien posee una densidad de población comparable a estos últimos, pues está englobado en el primer anillo del Área Metropolitana de Barcelona. Se trata de una localidad con una renta per cápita más bien modesta, y con una zona costera caracterizada por el emplazamiento de instalaciones de generación de energía térmica. Por otro lado, la desembocadura del río Besòs, en el centro geográfico de la línea costera del municipio, requiere una actuación urgente, pues se encuentra descuidada. Además, en el lado occidental de la desembocadura del citado río, está emplazado un barrio desfavorecido de la Ciudad Condal, denominado “La Mina”, el cual está marcado desde tiempo atrás por un alto índice de delincuencia y marginación. Por el contrario, Badalona es una localidad con un paseo marítimo bien urbanizado, y que, aunque está englobada dentro del cinturón industrial de Barcelona, tiene un atractivo turístico mayor en relación con su parte costera, pues sale de la zona de influencia del barrio de la Mina y de las centrales térmicas.

El caso a estudiar contiene, por tanto, un dilema: o bien se apuesta por realizar una actuación urbanística y costera que pueda servir de agente dinamizador de una zona con un grado de marginalidad y descuido importante, con el consiguiente riesgo de que el atractivo turístico del proyecto sea menor (el cual es uno de los principales fines del mismo), o bien se opta por una inversión más segura pero con un menor carácter social. Por otro lado, no puede obviarse el hecho de que dicha elección implicará una importante pugna entre los dirigentes políticos de los dos municipios anteriormente citados para conseguir que el proyecto se lleve a cabo en su territorio.

Para la realización de la planificación estratégica del proyecto se nombra una comisión, compuesta por miembros de la Generalitat de Catalunya y de los ayuntamientos de los municipios de la zona considerada; Barcelona, Sant Adrià del Besòs y Badalona.

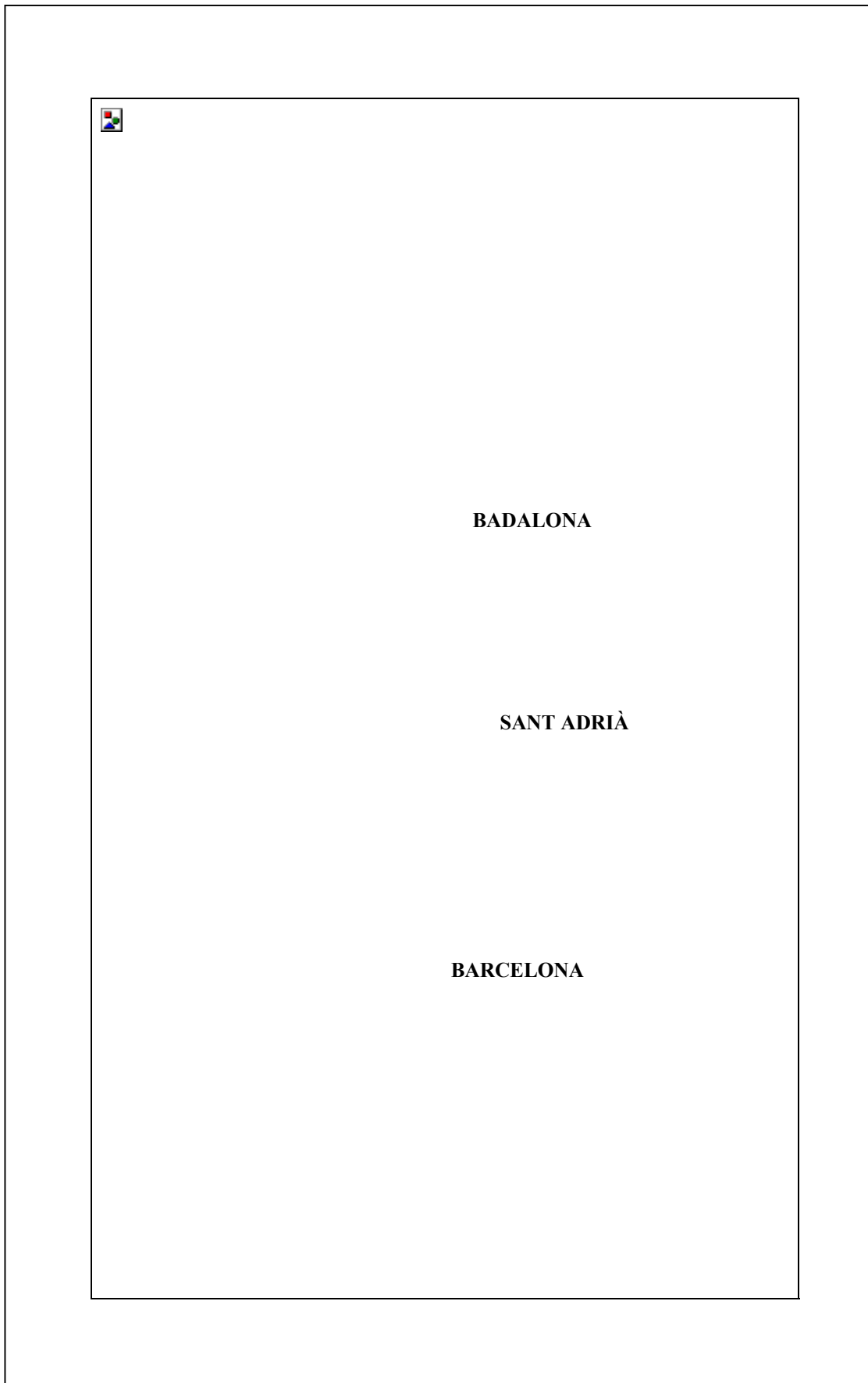


Figura 6.1. Zona oriental de la costa barcelonesa, Sant Adrià del Besós y Badalona

6.3.2. Descripción del estudio

Conscientes de la importancia de la actuación, tanto desde un punto de vista económico como en lo referente a su repercusión social, en el seno de la comisión para la gestión del proyecto se plantea la posibilidad de realizar un estudio de valor de carácter estratégico.

Objetivo del estudio

El objetivo del estudio planteado será determinar el concepto general de la actuación; definir los equipamientos a llevar a cabo, su emplazamiento, el área y extensión de la actuación, las vías de comunicación necesarias, etc.

Organización del estudio

Para la consecución del estudio se requieren los servicios de un especialista en la metodología del valor. Dicha persona plantea un estudio desde la perspectiva del sistema IDS.

Composición del equipo de trabajo

El citado especialista en la metodología del valor diseña un equipo de trabajo compuesto por las siguientes personas:

- El Director de urbanismo del Ayuntamiento de Barcelona
- El Director de urbanismo del Ayuntamiento de Sant Adrià del Besòs
- El Director de urbanismo del Ayuntamiento de Badalona
- El Director de proyectos de una empresa dedicada a la realización de proyectos.
- Un arquitecto de prestigio.
- El Director General de Urbanismo. Generalitat de Catalunya
- El Director General de Ports i Costes. Generalitat de Catalunya

Programación del estudio

El estudio se plantea en cinco sesiones de una mañana de duración cada una de ellas y situadas en semanas contiguas. El calendario y programa de trabajo a realizar en dichas reuniones sería el siguiente:

Sesión 1.	Análisis del proyecto
Sesión 2.	Análisis del proyecto y generación de alternativas
Sesión 3.	Generación de alternativas y evaluación de alternativas
Sesión 4.	Evaluación de alternativas
Sesión 5.	Evaluación de alternativas y toma de decisión

Desarrollo del estudio

Sesión 1

En esta primera sesión se hacen las presentaciones oportunas y se procede a hacer una breve explicación de los fundamentos de la metodología del valor y del sistema IDS, de una hora de duración y media hora de preguntas.

Tras un breve descanso, se procede a abordar el análisis del proyecto. Para ello se plantean las matrices de procesos y de requerimientos, y se procede a identificar ambos conceptos. Dada la falta de familiaridad con el proceso, al principio hay un poco de confusión, si bien en hora y media existe un primer borrador. El Coordinador del estudio había preparado ya una versión en borrador que sirve como base de trabajo, lo cual agiliza considerablemente el proceso. Llegada la hora de comer se da por concluida la primera sesión, animando a los miembros del equipo a que prosigan el análisis en sus respectivas organizaciones.

Sesión 2

La segunda sesión de trabajo da comienzo una semana después. Durante la primera media hora se procede al repaso de la sesión anterior y se invita a los miembros del equipo a que expongan el análisis que han realizado en torno a las dos matrices. Esta cuestión genera una considerable discusión, hasta que finalmente se consensúa una versión final de ambas matrices. A continuación se procede a la estimación de los pesos, lo cual requiere otras dos horas de trabajo y discusión hasta que finalmente se llega a unos valores aceptados por todos.

Finalmente, a última hora de la mañana el Coordinador del estudio plantea la fase de creatividad, a realizar cada uno en su organización. Les explica diferentes modos de llevarlo a cabo y les emplaza para la siguiente sesión, una semana más tarde.

Sesión 3

Una semana después, da comienzo la tercera sesión. Tras los saludos iniciales, el Coordinador del estudio anima a los asistentes a exponer las soluciones generadas. Cada uno de los miembros del equipo explica sus alternativas. Obviamente, en muchas de las ideas presentadas se traslucen los intereses en el proyecto de las diversas instituciones; ayuntamientos y gobierno autónomico. En total se han generado 12 alternativas, la mayoría de ellas propuestas por los proyectistas.

Posteriormente empieza la evaluación de alternativas, que será la parte más delicada del estudio, pues aflorarán los diversos intereses. El proceso empieza con una discusión de los pros y contras de cada opción. Pronto se vislumbra que llegar a un acuerdo entrañará serias dificultades ya que, entre otras cosas, surgen manifestaciones de amor propio de los autores de las propuestas al verlas criticadas.

Tras dos horas y media de discusión, finalmente se acuerda seleccionar tres alternativas, modificándolas con ideas de otras de las ideas desechadas. Dado que se ha llegado al final de la mañana, se decide concluir la sesión y se emplaza a los asistentes a

trabajar en la evaluación de las tres alternativas entre las que se escogerá la actuación final. Todas ellas se consideran aceptables y el distinguir entre una de ellas implicará un análisis mayor.

Sesión 4

La cuarta sesión da comienzo una semana después. En ella se recuerdan las conclusiones de la última reunión y se aborda la evaluación de las tres alternativas.

En primer lugar se identifican qué requerimientos de los del árbol son necesarios desplegar y se determinan los parámetros a tener en cuenta. Posteriormente se pide la opinión de los asistentes en la estimación de los diversos parámetros, algunos de ellos de carácter cuantitativo. Algunos de los asistentes muestran sus dudas sobre la posibilidad de estimar de forma cuantitativa ciertos aspectos de plazo o coste, si bien al final se atreven a dar una aproximación mediante un intervalo de posibles valores.

Tras dos horas de trabajo se obtiene una primera estimación de lo que podría ser la medición del valor. El Coordinador del estudio decide dejar por el momento la evaluación y se aborda la identificación de riesgos de las diversas alternativas. Se identifican dos riesgos principales y se procede a evaluar sus posibles consecuencias. La estimación de este último aspecto genera todavía más dificultades, si bien al final se logra dar un orden de magnitud.

Posteriormente se analiza la compatibilidad de las soluciones con factores del entorno, la planificación urbanística y territorial existente y se concluye que no existe ninguna incompatibilidad a tener en cuenta.

Tras este análisis se llega a la última hora de la mañana, por lo que se da por concluida la sesión. El Coordinador del estudio emplaza a los asistentes a contrastar las estimaciones con los datos disponibles en sus respectivas organizaciones o en otras fuentes y les anima a seguir dando vueltas a cómo mejorar dichas alternativas para que se logre satisfacer al máximo a las diferentes partes implicadas.

Sesión 5

Finalmente, pasada una semana da comienzo la quinta reunión del equipo de trabajo. El trabajo se plantea como una revisión de las estimaciones realizadas el día anterior. Tras la consulta con sus colaboradores y la búsqueda de datos al respecto, se consigue afinar mucho más la estimación de los parámetros planteados. Pero no sólo eso; el ingeniero proyectista plantea una modificación en dos de las alternativas que mejoran sensiblemente la previsión de resultados, por lo que la decisión se centra en dos de las opciones consideradas.

Tras hora y media de discusión al respecto se llega a un valor final en la estimación de las alternativas, recogidos en la tabla 6.4 (apartado 6.3.3). Como puede observarse en los resultados, las dos opciones seleccionadas aportan un grado de satisfacción muy semejante, por lo que una estimación cualitativa y poco profunda hubiera sido insuficiente. Dado que todavía existen dudas considerables acerca de la opción a escoger, se lleva a cabo un análisis de sensibilidad y se visualiza el

rendimiento de las alternativas mediante los índices de potencialidad de valor y riesgo. Finalmente se opta por la alternativa 1. Aunque no existe unanimidad al respecto, dicha opción se perfila como la más aceptada.

6.3.3. Resultados del estudio

Los resultados del estudio se recogen según el flujo de desarrollo de tareas marcado por la aplicación del proceso ACE, es decir, según las fases de análisis, creatividad y evaluación.

A. Fase de Análisis

A.1. Preparación del estudio y recogida de información

Antes de proceder al análisis de la toma de decisión, los miembros del equipo de trabajo recogieron la siguiente información:

- Información topográfica de la zona oriental de la costa barcelonesa, correspondiente a los municipios de Barcelona, Sant Adrià del Besós y Badalona. (se adjunta plano en la figura 6.1)
- Planes de ordenación territorial y urbana del área metropolitana de Barcelona.

De esta información se extrae que, desde el punto de vista ingenieril, no parece haber problemas en ubicar el puerto en cualquier lugar del tramo de costa considerado. Por otro lado, la planificación urbana preveía el desarrollo de la desembocadura del río Besós, si bien no daba detalles sobre el modo de llevar a cabo una posible actuación en la zona.

A.2. Matriz de procesos

	PLANIFICACIÓN	MATERIALIZ.	UTILIZACIÓN	REINTEGRACIÓN
ESTR	Administración autonómica Administración municipal	Diseño	Dirección del puerto	
CLAVE	Turismo Comercio Ocio Construcción	Proyecto Licitación Licencias de construcc. Planificación técnica Compras y contrat. Construcción Implantación	Navegación deportiva Salida de barcos Entrada de barcos Atraque de barcos Ocio Comercio Residencia de invierno	Rehabilitación
SOPORTE	Servicios públicos	Suministro Instalaciones provisionales	Reparación de embarcaciones Suministro de combustible Enseñanza de navegación	

Tabla 6.2. Matriz de identificación de procesos del proyecto de actuación en la costa oriental de Barcelona

A.3. Matriz de requerimientos

	PLANIFICACIÓN	MATERIALIZ.	UTILIZACIÓN	REINTEGRACIÓN
\$	Atractivo de ocio y turismo	Costes de construcción	Costes de uso	Coste de rehabilitación
T		Tiempo de construcción	Tiempo de acceso desde el centro de Barcelona	
F	Imagen de la ciudad	Constructibilidad Calidad de ejecución	Comodidad de uso	
S	Desarrollo de la zona Aceptación social	Seguridad e higiene en construcción	Seguridad e higiene en uso	
M		Respeto al entorno en construcción	Respeto al entorno en uso	

Tabla 6.3. Matriz de identificación de requerimientos del proyecto de actuación en la costa oriental de Barcelona.

A.4. Ponderación de los requerimientos

La realiza cualitativamente, sin realizar una estimación numérica

A.5. Árbol de requerimientos



Figura 6.2. Árbol de requerimientos del proyecto del caso VP1

C. Fase de Creatividad

C.1. Identificación de puntos de decisión y definición de su alcance

En este caso el punto de decisión es único; definir el concepto y líneas generales de la actuación a realizar.

C.2. Generación de alternativas para cada punto de decisión

Las ideas que se generaron fueron las siguientes:

- Construir un puerto deportivo en Sant Adrià del Besós
- Construir un puerto deportivo en Montgat
- Construir un puerto deportivo en Badalona
- Construir dos puertos; uno en Sant Adrià y otro en Badalona
- No construir ningún puerto deportivo y urbanizar la costa

E. Fase de Evaluación

E.1. Preselección cualitativa de alternativas en cada punto de decisión

Tras cierta discusión se acuerda plantear la viabilidad de dos de las alternativas; la correspondiente a construir un puerto en Badalona (en adelante alternativa 1) o en Sant Adrià (alternativa 2). Se adjunta un croquis de cada una. La razón de ello es que, por un lado, se estima la necesidad de amarres (por lo que se juzga conveniente la construcción de un puerto de tamaño medio, de unos 900-1000 amarres). Sin embargo, por otro lado, hay acuerdo en la opinión de que dos puertos pequeños de unos 500 amarres cada uno supondría un gasto excesivo. Por otro lado, construir un puerto en Montgat se considera un alejamiento excesivo del centro de Barcelona.

E.2. Evaluación de alternativas para cada punto de decisión

E.2.1. Evaluación del valor sin riesgos

Los parámetros considerados fruto del despliegue del árbol de requerimientos y sus estimaciones correspondientes son los recogidos en la tabla 6.4.

Parámetro de respuesta	Alternativa 1: Puerto en Badalona	Alternativa 2: Puerto en Sant Adrià
Coste de construcción	61.985.000 euros	60.125.500 euros
Plazo de ejecución	15 meses	14 meses
Desarrollo social y urbano	6 puntos	8 puntos
Belleza del entorno (capacidad de atracción turística)	8 puntos	5 puntos
Tiempo de viaje desde el centro de Barcelona	45 minutos-1 hora (aprox. Según el medio de transporte)	30-45 minutos (id.)
Accesibilidad por mar	Buena (9 puntos)	Buena (9 puntos)
Aceptación social	Buena (9 puntos)	Buena (9 puntos)
Impacto ambiental	Mínimo (grado 1 sobre 10)	Mínimo (grado 1 sobre 10)

Tabla 6.4. Parámetros de respuesta de las alternativas relativas al caso de estudio VM1

Atendiendo al contenido de la tabla anterior, cabe comentar que con el parámetro de “desarrollo social y urbano” se hace referencia a que la infraestructura puede ser un revulsivo para activar una zona marginada socialmente o con un desarrollo urbano insuficiente o abandonado. En el caso considerado, obviamente el construir un puerto en la zona de Sant Adrià podría ayudar a sacar de la marginación al barrio de la Mina, así como para urbanizar toda una zona muy descuidada de la costa de Barcelona. Obviamente, en el caso de Badalona esta necesidad de desarrollo es menor.

Por otro lado, desde el punto de vista de la accesibilidad por mar, ninguna de las dos alternativas presenta problemas especiales relacionados con la orografía, la batimetría, etc. Asimismo, en lo referente a la aceptación social de la obra, en ninguno de los dos casos se prevén problemas con el vecindario (expropiaciones, etc.) ni con las poblaciones de emplazamiento, sino que más bien es una infraestructura deseada como motor de desarrollo de los municipios. Tampoco se trata de una infraestructura que presente especiales problemas desde el punto de vista del impacto ambiental. De hecho, al estar situadas en la misma zona geográfica, ambas alternativas pueden considerarse similares en este sentido.

E.2.2. Análisis y evaluación de los riesgos de la toma de decisión

Los riesgos identificados fueron en este caso los mismos para ambas alternativas:

Riesgo considerado		Medida	Parámetros de medida de la severidad
1	Problemas derivados de la proximidad de centrales térmicas	No puede hacerse nada	- Contaminación del agua - Humos, malos olores, etc. - Percepción subjetiva de peligro de los turistas
2	Inseguridad y delincuencia (proximidad del barrio de la Mina)	Medidas de seguridad	- Coste de la seguridad - Mala fama y poca atracción turística

Tabla 6.5. Evaluación de riesgos de la alternativa 1 referente al caso de estudio VM1

En base a este análisis, en lo relativo a la estimación de la severidad, se concluye lo siguiente:

Riesgo considerado		Probabilidad		Severidad	
		Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 1	Alternativa 2
1	Problemas derivados de la proximidad de centrales térmicas	Media	Media-Baja	Media	Media
2	Inseguridad y delincuencia (proximidad del barrio de la Mina)	Alta	Media	Alta	Alta

Tabla 6.6. Evaluación de riesgos de la alternativa 2 referente al caso de estudio VM1

Tal como se observa en la tabla adjunta, los problemas derivados de la proximidad de las centrales térmicas se consideran reducidos por las características de este proceso industrial. Por otro lado, el avance en las tecnologías de seguridad de este tipo de

instalaciones hace que la probabilidad de ocurrencia sea más bien baja. Sin embargo, además del impacto visual que supone, unas instalaciones semejantes crean una sensación de riesgo subjetiva, realmente casi inexistente, que puede ser un obstáculo para el turismo.

Por otro lado, la posibilidad de delincuencia se revela como un problema de capital importancia que puede influir gravemente en el fin turístico de la actuación prevista. Por la proximidad del barrio de La Mina, con un alto índice de delincuencia, la alternativa de Sant Adrià supone un alto factor de riesgo, el cual se ve mucho más mitigado en Badalona.

E.2.3. Cálculo del valor integrado

Esta consideración del riesgo de delincuencia, unida a la mayor importancia del municipio de Badalona hace que la preferencia se incline hacia la primera alternativa considerada.

E.2.4. Análisis de compatibilidad

En ambas alternativas no identifica ningún tipo de incompatibilidad con la ordenación urbanística o la legislación medioambiental.

E.2.5. Análisis de los resultados

La revisión de los resultados mediante el análisis de sensibilidad lleva a considerar la importancia, un tanto ignorada hasta el momento, de uno de los fines del proyecto, anteriormente identificado en la matriz de requerimientos; el desarrollo social de la zona. Teniendo en cuenta este aspecto, que tal vez no se había ponderado suficientemente, se revisa el juicio emitido sobre ambas alternativas. Se propone incluso volver a revisar algunos aspectos de las alternativas rechazadas en primera instancia, si bien finalmente se acaban dejando de lado. Desde este punto de vista, obviamente la alternativa de Sant Adrià ofrece mejores características, si bien se considera que este fin puede cumplirse en buena parte con la alternativa 1, dado que implica una actuación sobre toda la zona.

E.2.6. Toma de decisión y justificación; presentación de resultados

Con este razonamiento, y atendiendo principalmente a la calidad del entorno, la importancia del municipio y el factor de riesgo relacionado con la delincuencia, se opta por la primera de las alternativas, a pesar del lógico desacuerdo por parte de los representantes del municipio de Sant Adrià, los cuales se rinden ante el acuerdo razonado del resto de participantes y no aciertan a ofrecer un argumento alternativo convincente. Por otro lado, dado que la actuación también engloba sus municipios, la solución adoptada también les satisface parcialmente.

6.4. ANTEPROYECTO DE UN EDIFICIO LOGÍSTICO (CASO VE1)

6.4.1. Descripción del caso

Una empresa dedicada al negocio de la venta de alimentos mediante supermercados y cuya actividad se concentra principalmente en otra zona de la Península, pretende emprender un proceso de expansión de negocio en la zona de Cataluña. Para ello se decide establecer nueve supermercados, seis en el área metropolitana de Barcelona y uno en cada una de las otras tres capitales catalanas, de modo que para abastecer a dichos establecimientos se plantea la construcción de un edificio logístico⁴.

Para la realización del proyecto decide adoptar el sistema de “Project Management” o “DIP” (véase el apéndice M, apartado M.2.) y encarga el desarrollo del mismo a una empresa especializada en la gestión integrada de proyectos. Dicha empresa encarga a una persona la responsabilidad de la gestión del proyecto, a la que se denominará en este caso “Project Manager”.

Tras un primer estudio de valor en un nivel estratégico coordinado por el project manager y en el que han participado diferentes responsables de la empresa cliente, se ha decidido llevar a cabo la construcción del equipamiento logístico y se ha escogido como lugar de emplazamiento una parcela de 12.000 m² situada en una localidad cercana a Barcelona, en un polígono que dista una media hora de la capital catalana. El plano topográfico del emplazamiento se recoge en las figuras 6.3 y 6.4. En el citado estudio de valor se han definido también los usos del edificio, resumidos en un informe del proyecto que constituirá la base para el pliego de condiciones funcionales entregado al proyectista (recogido en el apéndice P).

Con el beneplácito de la dirección de empresa cliente, el Project Manager decide encargar la elaboración del proyecto a la una ingeniería de Barcelona. Dicha empresa también se responsabilizaría de las tareas de dirección de obra.

Para la construcción del inmueble se escoge a una empresa constructora que desarrolla su actividad principalmente en el ámbito catalán.

En este punto del desarrollo del proyecto, cuando todavía no hay nada definido, el Project Manager, conocedor de la metodología del valor, plantea un estudio de valor para conseguir un proyecto altamente satisfactorio en todas las vertientes desde el inicio. Por otro lado, otro de los intereses del estudio es conseguir desde el principio una buena coordinación y acuerdo entre los distintos agentes del proyecto.

En las figuras 6.3 y 6.4 se adjuntan la planta y el perfil topográfico de la parcela donde se ha decidido hacer la obra. Como puede observarse, se trata de un terreno complejo, por dos factores: en primer lugar, la carretera de acceso está a una cota bastante más baja que la del terreno natural. Por otro lado, el nivel freático del terreno

⁴ Obviamente con este ejemplo no se pretende juzgar el plan estratégico de expansión de negocio planteado por esta empresa, lo cual excedería el objeto de esta tesis. Dejando de lado, por tanto, cuestiones previas, el caso se centra en la parte del problema relacionada con la construcción.

está a una cota similar a la de la carretera de acceso, lo cual implica que, en el caso de que se decida establecer la cota de explanación en un valor similar al de la carretera de acceso, la ejecución deberá contemplar la presencia de agua en el terreno.

Puntos de toma de decisión

A estos efectos, se plantea realizar un estudio de valor que englobaría los siguientes puntos de toma de decisión:

1. Definición básica de la geometría del edificio
2. Explanación; cota, accesos y drenajes
3. Cimentación; tipología y definición básica
4. Estructura; tipología y definición básica
5. Fachada; tipología y definición básica
6. Cubierta; tipología y definición básica
7. Pavimentos; tipología y definición básica

El Project Manager considera que con estos puntos de estudio el edificio queda definido en líneas generales para que la empresa proyectista desarrolle posteriormente la ingeniería de detalle.

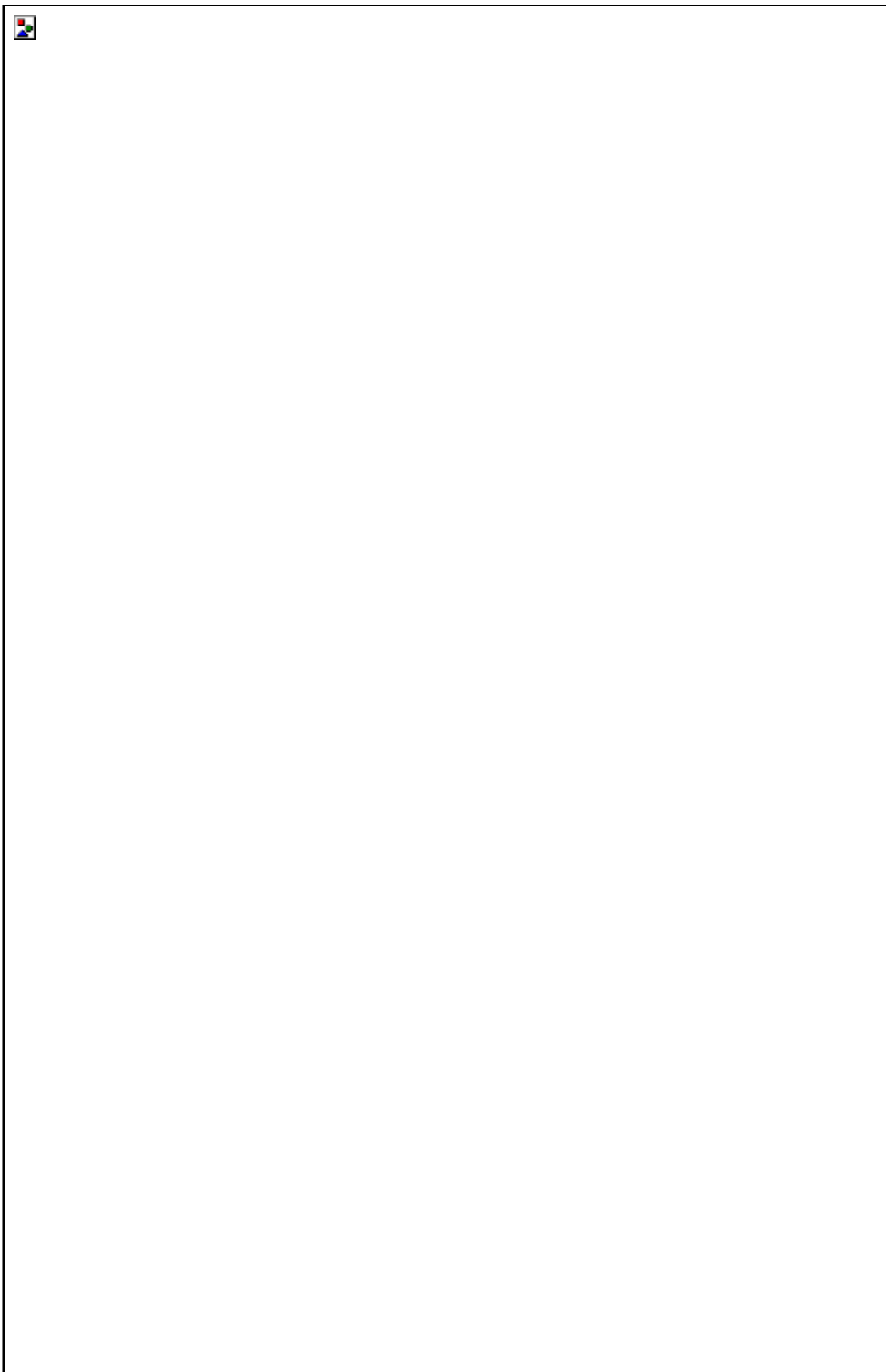


Figura 6.3. Planta topográfica del emplazamiento del proyecto estudiado en el caso VE1.

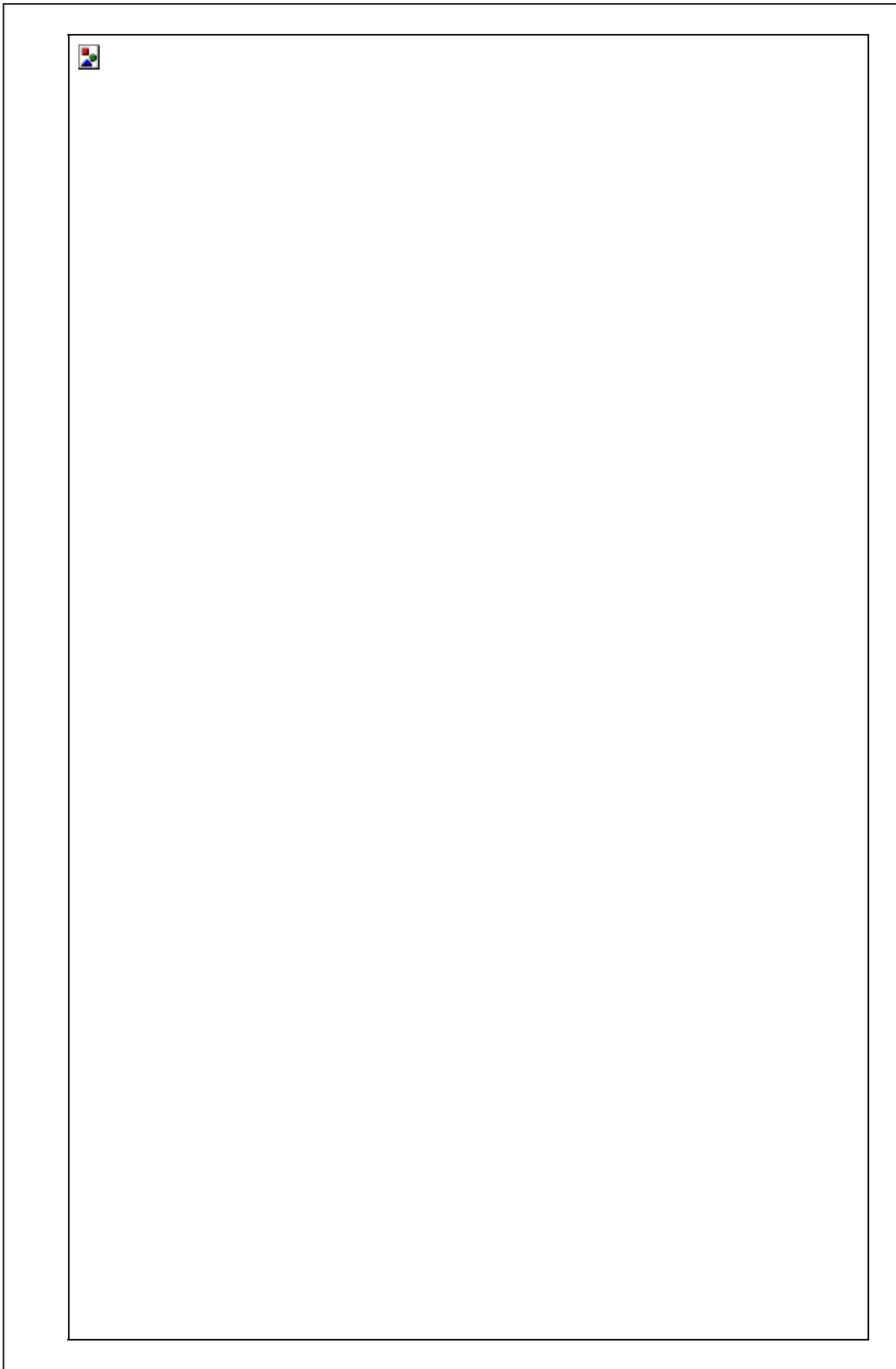


Figura 6.4. Perfil topográfico del emplazamiento del proyecto estudiado en el caso VE1.

6.4.2. Descripción del estudio

El Project Manager plantea el estudio de valor del siguiente modo:

El equipo de trabajo

Los integrantes del equipo de trabajo diseñado por el Project Manager son los siguientes:

- Jefe del departamento de gestión de equipamientos de la empresa cliente
- Delegado de la empresa cliente en Cataluña
- Project Manager del proyecto. Consultor y coordinador del estudio de valor
- Projectista al que se le encarga este proyecto
- Jefe de grupo de obras de la constructora considerada.
- Jefe de obra de la constructora considerada

El estudio se plantea mediante tres sesiones, de una mañana de duración, realizadas a lo largo de tres semanas seguidas.

Desarrollo del estudio

Preparación del estudio y recopilación de información

Para preparar el estudio, el Project Manager encarga un estudio geotécnico del terreno y realiza las gestiones pertinentes para conseguir los planos actualizados de la parcela, con la topografía y las redes de servicios. El Project Manager encarga también a un topógrafo la comprobación de la información topográfica de la parcela.

Primera sesión

En la primera sesión de trabajo, el Project Manager convoca a los miembros del equipo no pertenecientes a la empresa cliente, les presenta y juntos van a visitar el emplazamiento para tomar contacto con el proyecto y contrastar in situ la información del ensayo geotécnico, los planos topográficos y de servicio, y analizar las construcciones colindantes así como las vías de acceso de la parcela. Se aprovecha esta misma visita para intercambiar pareceres y fijar la agenda de reuniones en los tres días que durará el estudio y para explicar el planteamiento y los fundamentos del Value Management a estos tres miembros del equipo. Los representantes de la empresa cliente ya conocían la técnica porque habían participado en el estudio de valor realizado tres meses antes en el que se habían tomado las decisiones estratégicas básicas; construir el edificio, su emplazamiento y su definición conceptual (tamaño, usos, etc.).

Segunda sesión

La primera sesión de trabajo empieza una semana después de la visita al emplazamiento. Están presentes los seis miembros del equipo de trabajo, y el Project Manager hace las presentaciones correspondientes entre los representantes de la propiedad y el resto. Durante la primera hora el Project Manager explica el análisis del

proyecto realizado en el primer estudio de valor llevado a cabo tres meses antes, en el que se realizaron las siguientes actividades correspondientes a la fase de análisis:

- Identificación de procesos; construcción de la matriz de procesos
- Identificación de requerimientos; construcción de la matriz de requerimientos
- Análisis comparativo de los requerimientos; ponderación y asignación de pesos
- Construcción del árbol de decisión

Dicha información se adjunta en las tablas 6.8, 6.9 y 6.10 y en la figura 6.5. Durante la hora siguiente se revisa y comenta esta información, que el proyectista y los representantes de la constructora ya habían recibido una semana antes, el día de la visita al emplazamiento. El análisis expuesto no presenta problemas de comprensión para los tres componentes que no lo conocían, únicamente se plantean algunas cuestiones de aclaración.

Hacia media mañana se plantea la etapa de creatividad. Para ello, el ingeniero proyectista presenta una serie de propuestas de lo que podría ser la geometría básica del edificio. Siguiendo las directrices del Project Manager, el Ingeniero proyectista planteó una reunión con sus colaboradores en el seno de su organización y se llevó a cabo una sesión de lluvia de ideas de la que se derivaron las propuestas que presenta a los otros cinco miembros del grupo de trabajo. En la citada reunión de trabajo se seleccionaron las que parecían más acertadas y se desarrollaron mediante delineación básica para ser presentadas en la siguiente sesión de trabajo. Dicha reunión tuvo una duración de dos horas y fueron necesarias dos horas más de un delineante para confeccionar los bocetos.

El responsable de la gestión de equipamientos de la empresa cliente presenta también una alternativa con base en la experiencia de su organización con otras instalaciones semejantes en otros lugares geográficos. Para ello ha revisado los informes postocupacionales que cada año elaboran sus colaboradores.

Seguidamente el Project Manager recoge las propuestas adjuntas en el apartado 6.4.3, y se pasan a analizar según hagan referencia a los puntos de decisión planteados. Dichas propuestas son explicadas por sus autores para su comprensión por parte del resto de miembros del equipo de trabajo. Esta explicación suscita algunas preguntas y objeciones que el Project Manager apunta para su posterior análisis.

A última hora de la mañana se da por concluida la explicación de las alternativas presentadas y se emplaza a los miembros del equipo a estudiar las alternativas para la próxima sesión de trabajo, planteada una semana después. Se invita a los miembros de la empresa constructora a que se encarguen de estimar de forma aproximada el coste de las diversas alternativas planteadas. Por su parte, el Ingeniero proyectista hará lo propio en su organización y también el responsable de la gestión de equipamientos de la empresa cliente, con base en la experiencia de su organización en proyectos similares.

Tercera sesión

Una semana después, a primera hora de la mañana da comienzo la siguiente sesión de trabajo del estudio del valor planteado.

Tras los saludos iniciales, el Project Manager pide la opinión de los miembros del equipo sobre las alternativas planteadas en torno al primer punto de toma de decisión; el esquema del proyecto. Tras expresar los pareceres, de las cinco alternativas existentes (cuatro del ingeniero proyectista y una del responsable de equipamientos de la empresa cliente) se escogen dos, si bien se decide incluir ciertas modificaciones e ideas de alguna de las alternativas desechadas y algunos aspectos que se consideran mejorables. En este sentido el delegado en Cataluña de la empresa cliente hace una serie de apreciaciones respecto a los requerimientos de la empresa en esta zona geográfica que ayudan a la evaluación cualitativa de las alternativas y a su modificación.

En definitiva, finalmente se plantean dos alternativas (recogidas en el apartado 6.4.3) cuya elección no está clara, ya que de la discusión precedente no se ha extraído ninguna conclusión acerca de cuál escoger y, en consecuencia, se plantea un análisis más refinado mediante el aparato matemático del sistema IDS.

Para evaluar ambas alternativas se acude al árbol de requerimientos y, de forma interactiva, se despliegan algunas de sus ramas de requerimientos y se identifican los parámetros de medida de dichos requerimientos. Algunos de dichos parámetros se estiman de forma cuantitativa, en base a las estimaciones de costes que los miembros del equipo habían obtenido durante la semana precedente en sus respectivas organizaciones. Otros, sin embargo, se puntúan mediante una escala del 1 al 10.

El Project Manager introduce las estimaciones en un software que automatiza los cálculos del sistema IDS propuesto en esta tesis⁵. Para realizar la estimación de costes el responsable de equipamientos de la empresa cliente consulta via internet ciertos datos disponibles en el sistema de información de su empresa. Por otro lado, el jefe de grupo de la empresa constructora hace dos llamadas telefónicas para consultar y tener una idea de ciertos precios. Todo ello da lugar a un conjunto de estimaciones, correspondientes a varias ofertas de proveedores dirigidas a los miembros de la empresa constructora y a la información conseguida por el proyectista y el responsable de equipamientos de la empresa cliente. Las estimaciones y puntuaciones se integran y dan lugar a conjuntos difusos (“fuzzy sets” según lo explicado en el capítulo 3), que constituirán la entrada de la formulación del valor. La dispersión de alguno de los parámetros genera una revisión de las estimaciones y finalmente se logra llegar a un rango de variación en el que todos los miembros del equipo están de acuerdo.

Obviamente, en los parámetros de tipo estético el resultado adoptado es el de las puntuaciones de los miembros de la empresa cliente, si bien sus puntuaciones varían a raíz de ciertas apreciaciones del resto del equipo de trabajo.

⁵ En la fecha de finalización de esta tesis está en vías de desarrollo un software que automatice los cálculos del sistema IDS. En este caso de aplicación imaginario se supone que ya está acabado, lo cual no afecta al resultado y pretende dar realismo al caso para demostrar la aplicabilidad práctica de la propuesta de esta tesis.

Posteriormente se pregunta si los miembros del equipo de trabajo identifican algún riesgo asociado a ambas alternativas. Dado que no parece existir ninguno digno de consideración, se obvia este aspecto. Por otro lado, al ser la primera toma de decisión adoptada en el diseño no ha lugar a hacer un análisis de compatibilidad con otras decisiones tomadas.

El Project Manager presenta los resultados obtenidos para ambas alternativas y efectivamente se observa que son muy parecidos. Sin embargo, también se visualiza que la alternativa 2 obtiene un valor algo mayor. El Project Manager presenta así mismo los índices de potencialidad y eficiencia de ambas alternativas, donde se refleja la misma idea. A continuación, junto con el resto del equipo y a través de la herramienta informática, juega con pequeñas variaciones de los parámetros para analizar la sensibilidad del resultado. De este análisis se extrae la conclusión de que efectivamente la segunda opción parece más satisfactoria, así que los representantes de la empresa cliente optan por adoptarla.

La evaluación del primer punto de decisión, que sin duda es el más importante de los analizados, dura en total tres horas, en las que puede afirmarse que se alcanza el consenso, a pesar de que existen ciertas opiniones divergentes en algunos aspectos. En definitiva, puede afirmarse que la alternativa escogida satisface a los miembros de empresa cliente y parece razonable al resto. Consecuentemente, siendo ya la última hora de la mañana, el Project Manager da por finalizada la sesión y convoca una última para una semana después. En la semana restante, los miembros del equipo desarrollarán el siguiente trabajo:

- El Project Manager desarrollará un informe sencillo, breve y comprensible que refleje las características de ambas alternativas, enriquecido con alguna salida de datos de la herramienta informática de modo que sea inteligible para una persona que la desconozca.
- Los miembros de la empresa cliente presentarán al consejo de dirección su organización la toma de decisión y obtendrán el beneplácito para llevarla a término. Posteriormente informarán de la aprobación al Project Manager, quien se pondrá en contacto con el Ingeniero proyectista para que desarrolle de modo análogo las alternativas correspondientes al resto de los puntos de toma de decisión, cuyo carácter es ya mucho más técnico.
- El Project Manager informará también a los miembros de la constructora para que piensen alternativas para el resto de puntos de decisión.

Cuarta sesión

En dicha sesión, que comienza a primera hora de la mañana, se procede al estudio de los otros puntos de toma de decisión planteados. El procedimiento planteado es análogo al de la toma de decisión anterior, con la diferencia de que, al ser decisiones más técnicas y específicas, el proceso es mucho más ágil. El estudio, por tanto, adquiere un cariz eminentemente técnico, por lo que el delegado de la empresa cliente en Cataluña ya no asiste a la sesión. El jefe de grupo de obras de la empresa constructora tampoco asistirá a la sesión por considerar decidido lo más importante. Por tanto, la reunión se celebra con un equipo de cuatro miembros.

En primer lugar, se plantea la toma de decisión sobre la cota de explanación. Se procede a analizar las propuestas –en este caso todas del Ingeniero proyectista- y se seleccionan dos alternativas. La evaluación se desarrolla siguiendo los pasos de la etapa de evaluación del proceso ACE, en la que se desarrolla el árbol de requerimientos y se identifica un riesgo; el relativo a la construcción bajo el nivel freático.

El Ingeniero proyectista presenta también estudios realizados sobre las mediciones del volumen de tierras que supondría cada alternativa, en los que se extrae una cota óptima mediante un algoritmo de programación lineal. Sin embargo, por el riesgo de nivel freático, finalmente la evaluación se inclina una cota más elevada. En definitiva, en una hora la decisión está tomada.

De igual modo se procede con el resto de decisiones, las cuales se resuelven en media hora cada una, excepto la relativa a la estructura, que también requiere una hora. Dada la familiaridad que los miembros del equipo han adquirido con la técnica, las decisiones se toman cada vez en menos tiempo. Por otro lado, al ser decisiones de carácter más específico hay menos discrepancias. El resumen de esta evaluación se recoge en el apartado 6.4.3.

Análisis-balance del estudio

Como balance del estudio puede señalarse que estas cuatro mañanas dedicadas al estudio supusieron un coste muy discreto para las organizaciones:

Empresa cliente	cuatro mañanas de un directivo, tres de otro y tres viajes de una de las personas
La empresa proyectista	cuatro mañanas y unas diez horas de trabajo en la oficina de un ingeniero superior y una reunión de dos horas de cuatro personas
La empresa constructora	cuatro mañanas de una persona y tres de otra

Sin embargo, este coste repercutió en la eliminación de problemas de coordinación, una información mucho mayor de todas las partes implicadas y unas tomas de decisión integradas y fundamentadas. Si se considera el tiempo, los costes y en general los problemas que ahorra este estudio y la mejora del proyecto que supone, obviamente el balance es positivo. Por otro lado, cabe señalar que el hecho de durar sólo una mañana y de modo repartido quedando una vez cada semana permitió no bloquear un día entero a estos profesionales. Cabe observar en este sentido que un mayor espaciado de las reuniones hubiera producido dispersión entre los miembros del equipo.

6.4.3. Resultados del estudio

En este apartado se adjuntan los resultados de las tres fases del proceso ACE. La primera de ellas, la de análisis, hace referencia a todo el proyecto, por lo que se realiza una sola vez. Sin embargo, las etapas de generación de alternativas (creatividad) y de evaluación de las mismas se llevan a cabo en cada uno de los siete puntos de decisión considerados en este estudio del proyecto en cuestión.

A. Fase de Análisis

A.1. Preparación del estudio y recogida de información

Antes de proceder al análisis de la toma de decisión, el director de obra recogió la siguiente información:

- Planos de la zona de la parcela de emplazamiento y de los alrededores (instalaciones, servicios, plano topográfico, etc.). (Se adjunta un perfil y una planta del terreno de emplazamiento).
- Pliego de prestaciones funcionales generado en el estudio de planificación del valor realizado en los inicios del proyecto (se adjunta en el apéndice P).
- Análisis de la zona; existencia y precios de subcontratistas, suministradores, calidad de las vías de comunicación, etc.

A.2. Matriz de procesos

	PLANIFICACIÓN	MATERIALIZ.	UTILIZACIÓN	REINTEGRACIÓN
ESTR	Planificación estratégica Dirección/Gestión Calidad Total Recursos Humanos		Gestión del almacén	Proyecto de reutilización Gestión de residuos
CLAVE	Compra de productos Transporte a almacén Almacenaje de productos Transporte a supermercados Venta en supermercados	Proyecto Licitación Licencias de construcción Planificación técnica Compras y contratación Construcción Implantación	Recepción de mercancías Almacenaje de mercanc. Expedición de mercanc.	Licencias de demolición Desconexión Desmantelamiento Desmontaje Demolición Derribo Desescombros
SOPORTE	Control de calidad Facturación Gestión financiera Mantenimiento Administración de personal	Suministro de agua y energía Control calidad en obra Certificación	Reciclaje de mercancías Servicios para personal Mantenimiento	Almacenaje de residuos

Tabla 6.7. Matriz de procesos del proyecto del caso de estudio VE1

A.3. Matriz de requerimientos

	PLANIFICACIÓN	MATERIALIZ.	UTILIZACIÓN	REINTEGRACIÓN
\$	Costes de distribución de la empresa	Costes de construcción	Costes de uso Costes de operaciones Coste de mantenimiento Costes generales	Coste de deconstrucción Valor residual
T	TMP de distribución de la compañía	Tiempo de construcción	Tiempo de utilización Frecuencia de mantenimiento	Tiempo de deconstrucción Vida útil restante
F	Capacidad de distribución Imagen de la compañía (marketing) Visibilidad del edificio Estética del edificio	Calidad de ejecución	Funcionamiento (Eficiencia de operaciones) Confort-ergonomía Modificabilidad Extendibilidad Flexib. y adaptab.	Facilidad de deconstrucción
S	Desarrollo de la zona Aceptación social	Bienestar de los trabajadores en construcción (Seguridad e higiene en construcción)	Bienestar de los trabajadores en uso (Seguridad e higiene en uso)	Seguridad e higiene en deconstrucción
M		Contaminación en construcción	Ahorro energético Contaminación en uso	Contaminación en deconstrucción Reintegrabilidad de materiales

Tabla 6.8. Matriz de procesos del proyecto del caso de estudio VE1

Nota: TMP significa “Tiempo Máximo de Proceso”.

A.4. Ponderación de los requerimientos

Tal como se explica en el apartado 3.3, para la ponderación de los requerimientos se llevará a cabo mediante el principio de Pareto. Por tanto, los requerimientos se compararán según los siguientes grupos:

%v	1ª selección	%v	2ª selección	%v	3ª selección
0,6 (60%)	- Capacidad de distribución de la empresa - Costes de distribución de la empresa - Costes de construcción				
0,4 (40%)	- Costes de uso - Valor residual - Plazo de ejecución - TMP de la compañía - Tiempo de uso del edificio - Marketing - Calidad de ejecución - Funcionamiento - Modificabilidad - Bienestar de los trabajadores en uso - Bienestar de los trabajadores en construcción - Contaminación en uso - Contaminación en construcción - Ahorro energético	0,3 (80 %)	- Coste de uso - Plazo de ejecución - Funcionamiento - TMP de la compañía		
		0,1 (20%)	- Valor residual - Tiempo de uso del edificio - Marketing - Calidad de ejecución - Modificabilidad - Bienestar de los trabajadores en uso - Bienestar de los trabajadores en construcción - Contaminación en uso - Contaminación en construcción - Ahorro energético	0,05 (50%)	- Valor residual - Modificabilidad - Tiempo de uso del edificio
				0,05 (50%)	- Marketing - Calidad de ejecución - Bienestar de los trabajadores en uso - Bienestar de los trabajadores en construcción - Contaminación en uso - Contaminación en construcción - Ahorro energético

Tabla 6.9. Agrupación de requerimientos según el principio de Pareto.

Proyecto correspondiente al caso de estudio VE1

Ponderación correspondiente a la primera selección por Pareto:

1. Capacidad de distribución de la empresa
2. Costes de distribución de la empresa
3. Costes de construcción

	1	2	3		
1	1	2	2	w_i	w_{i tot}
2	0,5	1	1	0,5	0,30
3	0,5	0,5	1	0,25	0,15
				0,25	0,15

$$\lambda_{\max}=3$$

$$n=3$$

$$IC=0$$

$$IA=0,58$$

$$CC=0$$

Ponderación correspondiente a la segunda selección por Pareto:

Los requerimientos seleccionados como más importantes, al ser dos no requiere construir la matriz de ponderación:

1. Funcionamiento
2. Coste de uso
3. TMP de la compañía
4. Plazo de ejecución

	1	2	3	4		
1	1	1,25	1,5	2	w_i	w_{i tot}
2	0,80	1	1,25	1,50	0,335	0,101
3	0,66	0,8	1	2	0,266	0,080
4	0,50	0,66	0,8	1	0,245	0,074
					0,154	0,046

$$\lambda_{\max}=4,025$$

$$n=4$$

$$IC=0,008$$

$$IA=0,9$$

$$CC=0,009$$

Para ponderar los requerimientos restantes se vuelve a realizar la matriz de ponderación

1. Modificabilidad
2. Tiempo de uso del edificio
3. Valor residual

	1	2	3		
1	1	2	2,5	w_i	w_{i tot}
2	0,5	1	1,25	0,526	0,026
3	0,4	0,8	1	0,263	0,013
				0,211	0,011

$$\lambda_{\max}=3$$

$$n=3$$

$$IC=0$$

$$IA=0,58$$

$$CC=0$$

Ponderación correspondiente a la segunda selección por Pareto:

1. Marketing
2. Calidad de ejecución
3. Bienestar de los trabajadores en uso
4. Contaminación en uso

- 5. Bienestar de los trabajadores en construcción
- 6. Contaminación en construcción
- 7. Ahorro energético

	1	2	3	4	5	6	7	wi	wi tot
1	1	1,25	1,40	1,75	1,75	1,75	1,75	0,208	0,010
2	0,8	1	1,25	1,50	1,50	1,50	1,50	0,176	0,009
3	0,714	0,8	1	1,25	1,25	1,25	1,25	0,146	0,007
4	0,571	0,667	0,8	1	1	1	1	0,118	0,006
5	0,571	0,667	0,8	1	1	1	1	0,118	0,006
6	0,571	0,667	0,8	1	1	1	1	0,118	0,006
7	0,571	0,667	0,8	1	1	1	1	0,118	0,006

$\lambda_{max}=7,001$
 $n=7$

$IC=2 \cdot 10^{-4}$
 $IA=1,32$

$CC=10^{-4}$

A.5. Construcción del árbol de requerimientos

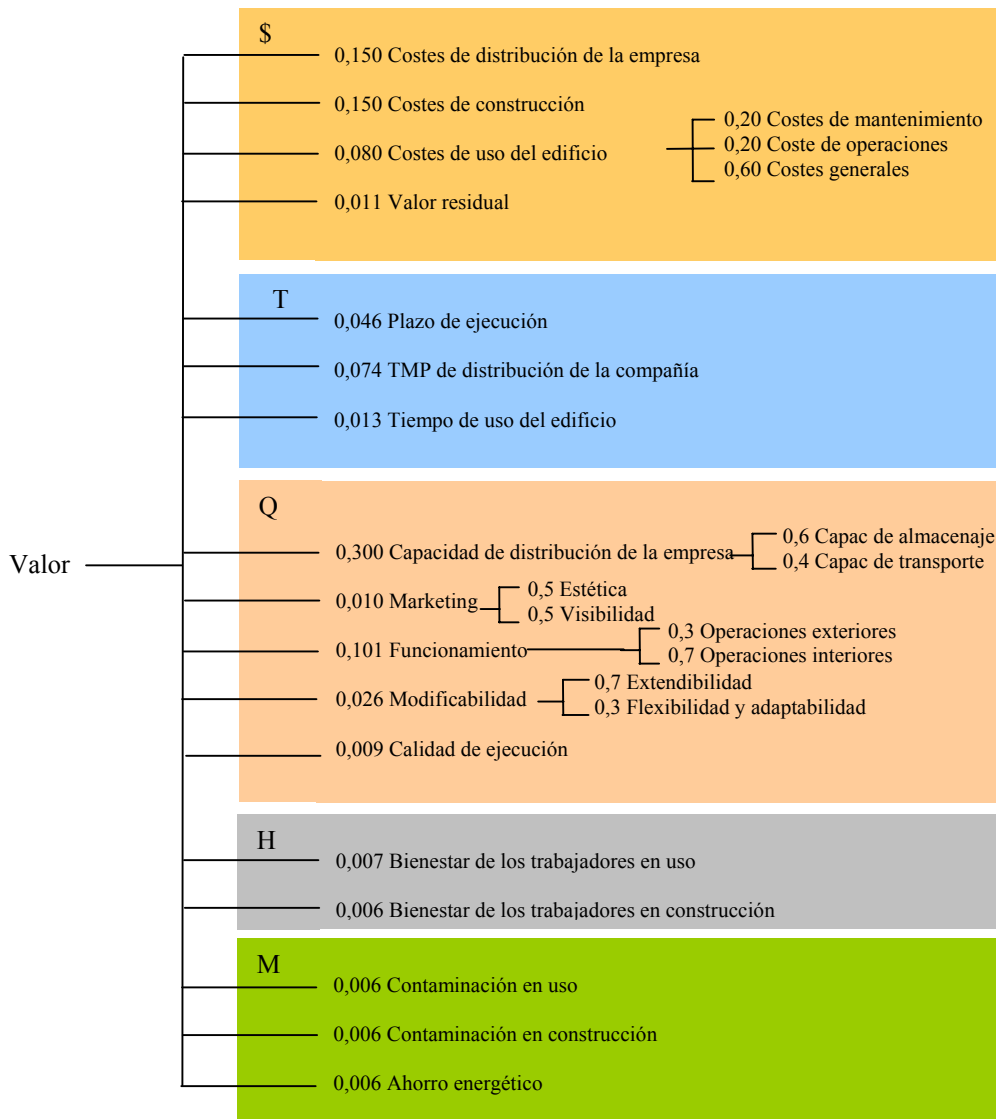


Figura 6.5. Árbol de requerimientos del proyecto correspondiente al caso de estudio VE1

A partir de este análisis del proyecto se aborda el estudio de los siete puntos de toma de decisión considerados. En cada uno de ellos se plantea el desarrollo de las fases de creatividad, donde se generan las alternativas para la posterior fase de evaluación. Recuérdese que los puntos de decisión planteados al principio de la descripción de este caso eran los siguientes:

- Decisión 1: Definición básica de la geometría del edificio
- Decisión 2: Explanación; cota, accesos y drenajes
- Decisión 3: Cimentación; tipología y definición básica
- Decisión 4: Estructura; tipología y definición básica
- Decisión 5: Fachada; tipología y definición básica
- Decisión 6: Cubierta; tipología y definición básica
- Decisión 7: Pavimentos; tipología y definición básica

Toma de decisión 1: DEFINICIÓN BÁSICA DE LA GEOMETRÍA DEL EDIFICIO

C. Fase de Creatividad

C.2. Generación de alternativas para cada punto de decisión

Las alternativas generadas a este respecto no se adjuntan por brevedad, ya que deberían recogerse todos los croquis realizados. En total fueron cinco.

E. Fase de Evaluación

E1. Preselección cualitativa de alternativas en cada punto de decisión

De las soluciones presentadas se escogen dos, que se modifican aportándoles ideas del resto de las alternativas consideradas. En las figuras 6.6 y 6.7 se recogen los croquis de las alternativas preseleccionadas. Como puede observarse, ambas tienen la zona de oficinas en un forjado intermedio sobre las puertas de carga y descarga. En los citados croquis puede observarse también la influencia del proceso de carga y descarga, que requiere espacio suficiente para las maniobras del camión, así como las superficies prescritas en el pliego de condiciones funcionales (recogido en el apéndice P).

Por otro lado, la alternativa 2 requerirá luces mayores, y un número mayor de remates de cerramiento por tener una planta con más quiebros. Todo ello redundará en el coste y el plazo de ejecución.

Desde el punto de vista de las áreas, la superficie de expedición y de ampliación son también algo menores en la alternativa 2, si bien su disposición en planta hace que sea más sencillo el acceso a la zona de carga y descarga.

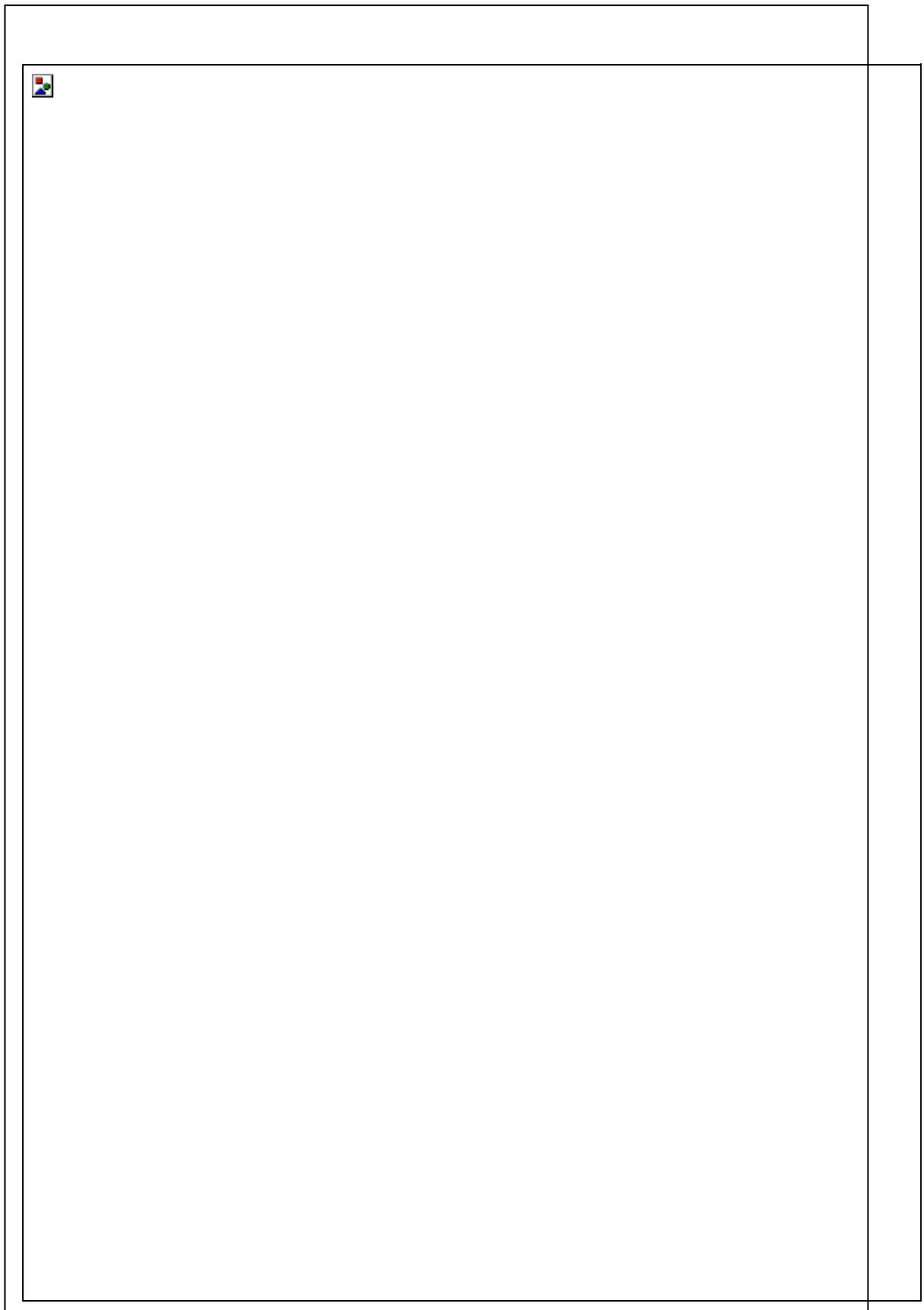


Figura 6.6. Croquis de la alternativa 1 de distribución en planta relativa al proyecto estudiado en el caso VE1.

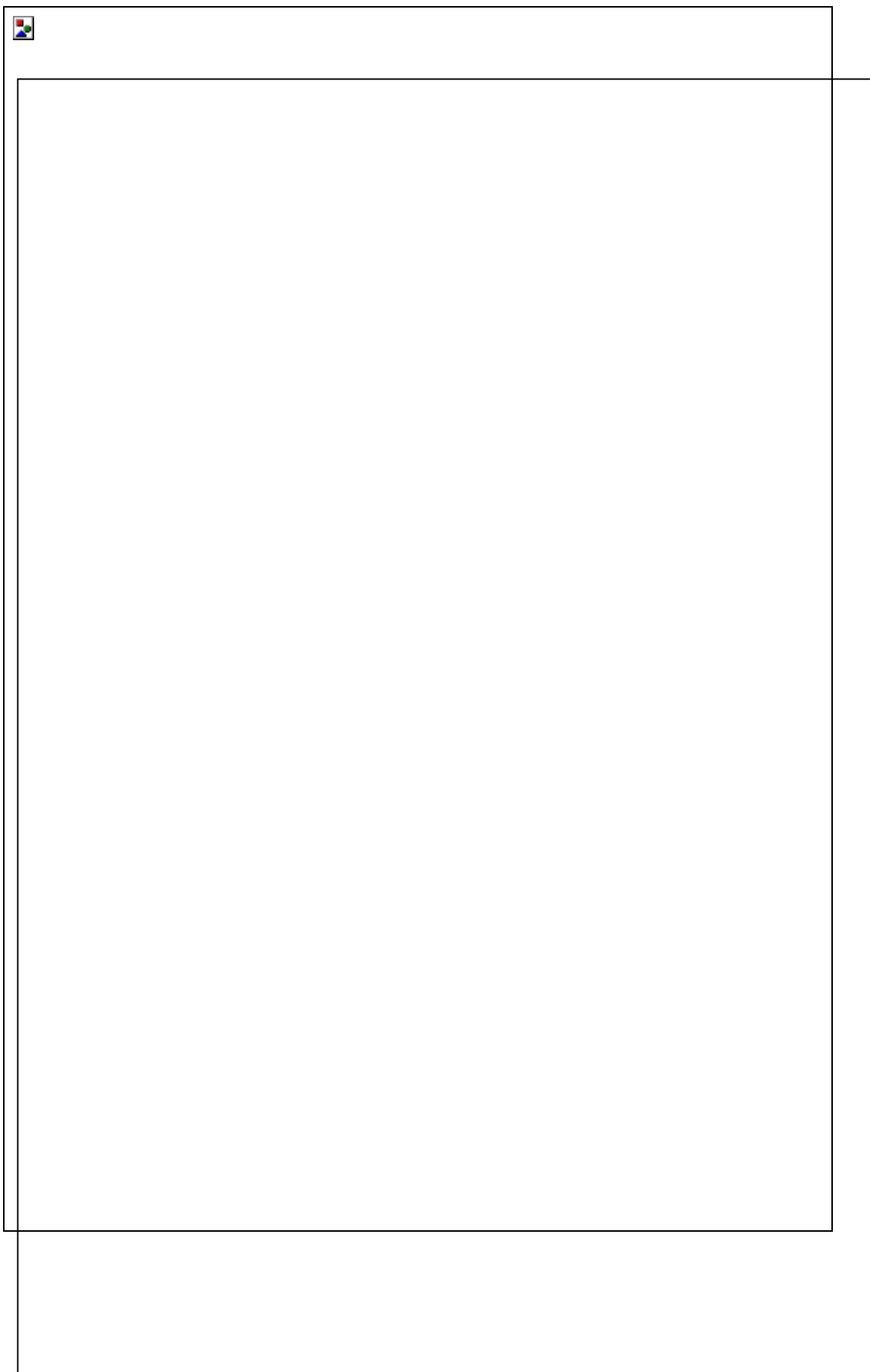


Figura 6.7. Croquis de la alternativa 2 de distribución en planta relativa al proyecto estudiado en el caso VE1.

E.2. Evaluación de alternativas para cada punto de decisión

E.2.1. Evaluación del valor sin riesgos

Para el cálculo del valor sin considerar los riesgos puros de la toma de decisión, se despliega el árbol inicial de requerimientos identificando los parámetros de respuesta correspondientes, según lo indicado en la figura 6.8:

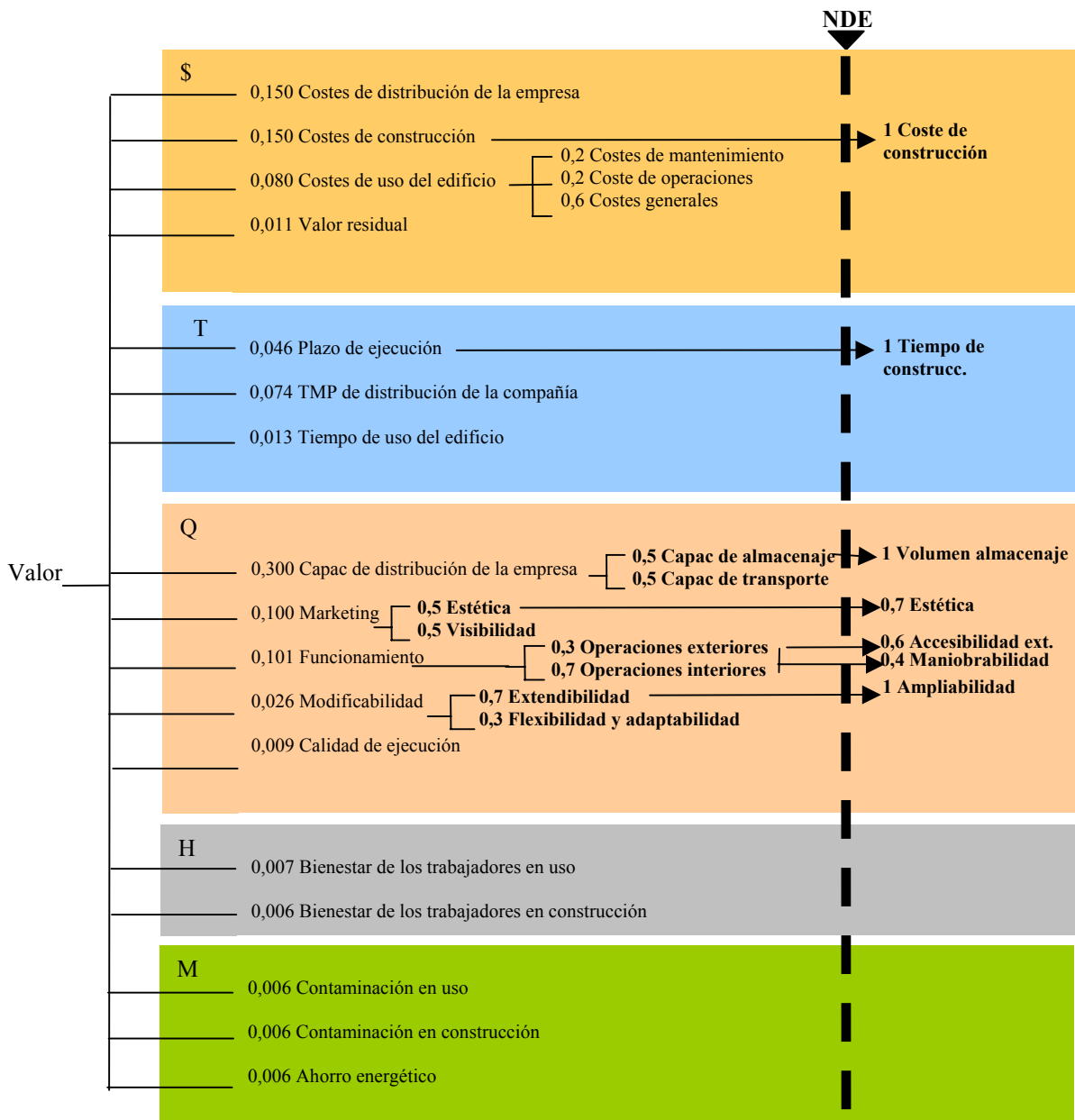


Figura 6.8. Despliegue del árbol de requerimientos para la evaluación de las alternativas de decisión. Caso de estudio VE1.

Construcción de las funciones de valor de los requerimientos afectados:

Las funciones de valor consideradas son las que se adjuntan en la figura 6.9.

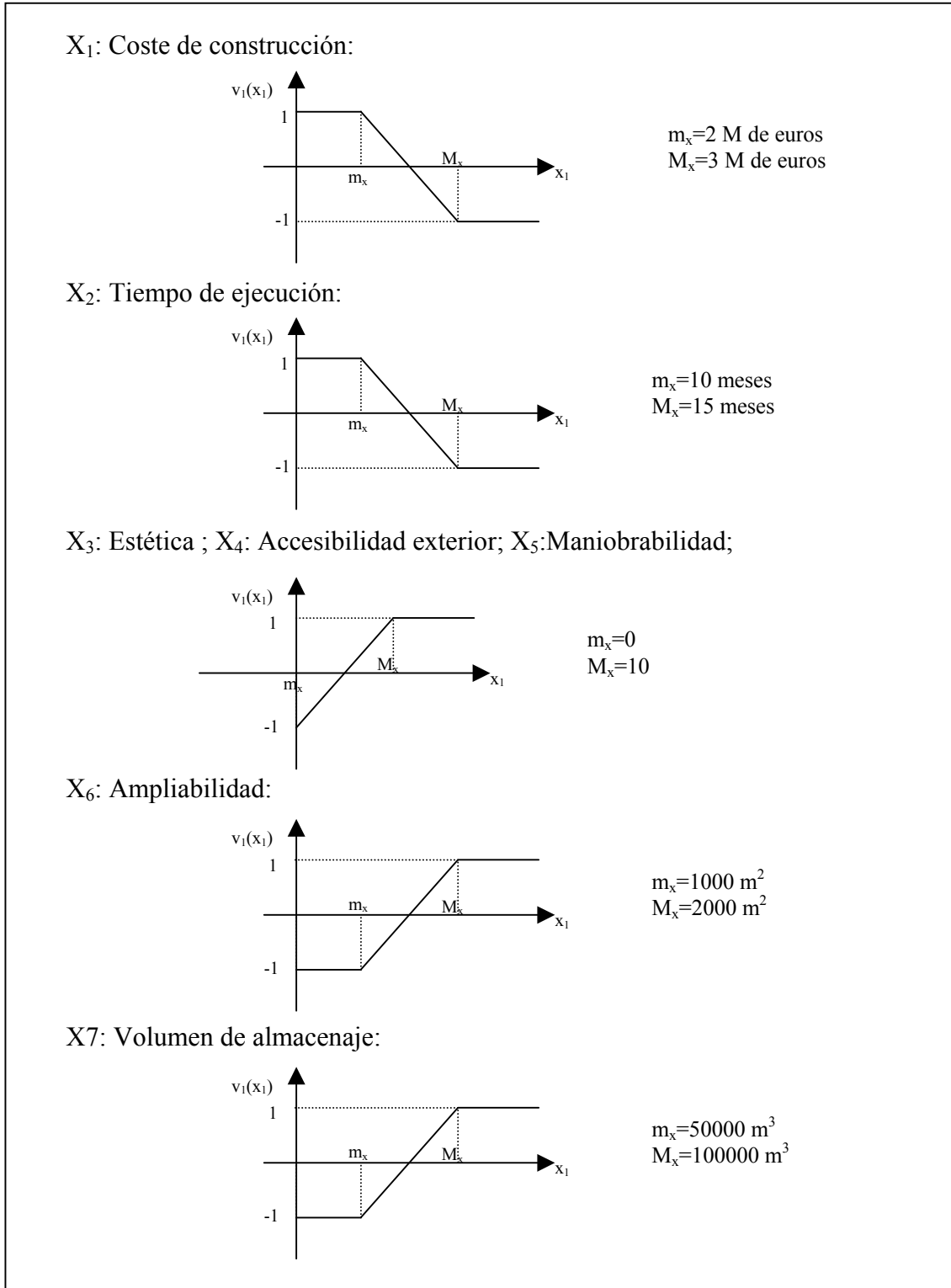


Figura 6.9. Funciones de valor de los requerimientos considerados en la decisión relativa a la distribución en planta de un edificio logístico. Caso de estudio VE1.

A partir de este despliegue del árbol se articula la medición según el tratamiento difuso explicado en el apartado 3.4. Las estimaciones son las recogidos en la tabla 6.10. Las expresiones E-1, E-2, E-3, hacen referencia a los tres valores estimados por el grupo de trabajo para cada uno de los parámetros del conjunto difuso (a, b, c, d).

Parámetros	Medida	Estimación	Alternativa 1			Alternativa 2		
			E-1	E-2	E-3	E-1	E-2	E-3
X1: Coste de construcción	Millones de euros	a	2,56	2,71	2,41	2,71	2,89	2,59
		b	2,70	3,01	2,59	2,86	3,00	2,62
		c	3,05	3,16	2,69	3,10	3,19	2,65
		d	3,16	3,31	2,83	3,16	3,25	2,68
X2: Plazo de construcción	meses	a	10	11	12	11	10	12
		b	11	11,5	13	12	11	13
		c	12	12	14	13	12	14
		d	14	13	15	14	13	15
X3: Ampliabilidad	Metros cuadrados	a	1900			1700		
		b						
		c						
		d						
X4: Estética	Puntuación (escala del 1 al 10)	a						
		b	7	6	7	8	8	8,5
		c	8	7	8	9	9	9
		d						
X5: Maniobrabilidad	Puntuación (id)	a						
		b	8	7	8	6	7	6
		c	9	8	8,5	7	8	7
		d						
X6: Accesibilidad exterior	Puntuación (id)	a						
		b	5	6	5	5	5	6
		c	5,5	7	6	6	6	7
		d						
X7: Volumen de almacenaje	Metros cúbicos	a	80000			75000		
		b						
		c						
		d						

Tabla 6.10. Tabla de evaluación de los parámetros de respuesta. Decisión relativa a la distribución en planta del edificio. Caso VE1.

Mediante la agregación y la obtención de las imágenes mediante la función $v(\cdot)$ se obtiene el resultado para cada alternativa, según se recoge en la figura 6.10.

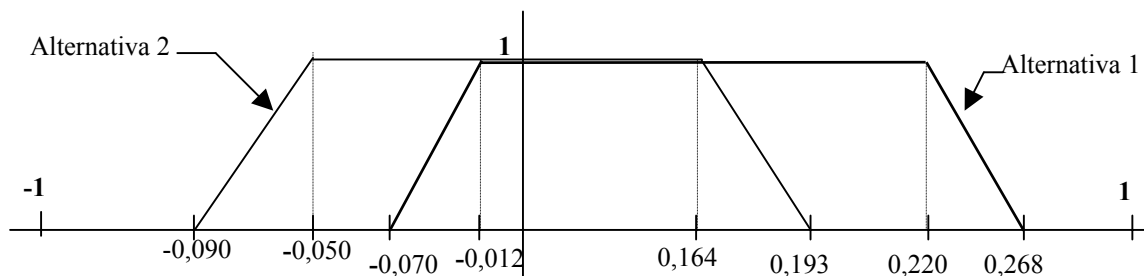


Figura 6.10. Resultado en términos difusos de la evaluación de las diversas alternativas en la decisión relativa a la distribución en planta del edificio. Caso VE1.

E.2.2. Análisis y evaluación de los riesgos de la toma de decisión

No se identifica ningún riesgo considerable asociado a esta toma de decisión.

E.2.3. Cálculo del valor integrado

Al no considerarse en este caso riesgos, el valor integrado será el calculado en el punto E.2.1.

E.2.4. Análisis de compatibilidad

No se identifica ninguna incompatibilidad

E.2.5. Análisis de los resultados

E.2.5.1. Cálculo del índice de potencialidad y eficiencia

Los índices de potencialidad y eficiencia obtenidos son los siguientes:

PV=0,429	- Alternativa 1	EV=23,58 % (promedio)
	- Alternativa 2	EV=12,40 %

E.2.5.2. Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad se realizaría automáticamente en el caso de existir una aplicación informática con un bucle que variase los valores estimados según lo descrito al respecto en el capítulo 3 de esta tesis. En estas condiciones, el ordenador generaría automáticamente dos diagramas de araña correspondiente a la variación de los pesos y los parámetros considerados, tal como se muestra en la figura 6.11.

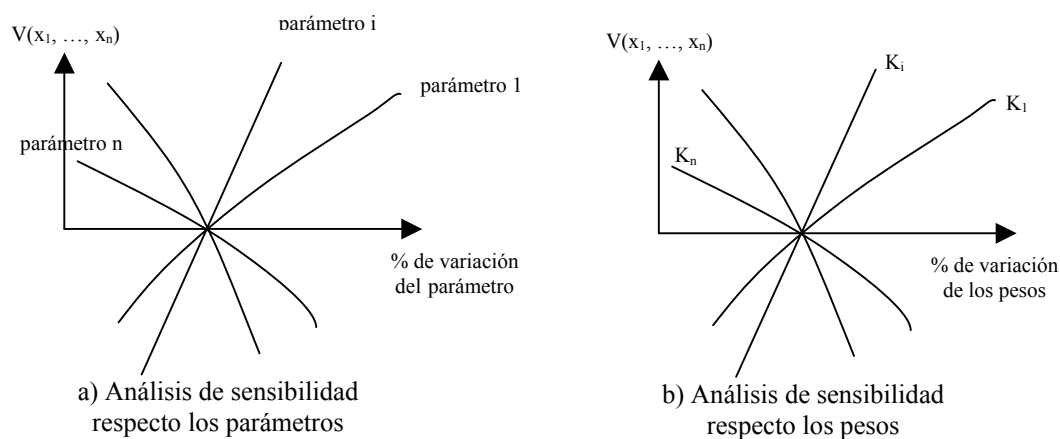


Figura 6.11. Resultados del análisis de sensibilidad (caso genérico)

Al no estar todavía generada la herramienta, en este caso se ha optado por variar algunos valores en los cálculos manuales y observar la variación del valor total. El resultado ha sido que no se ha observado ninguna variación substancial.

E.2.6. Toma de decisión y justificación; presentación de resultados

La evaluación realizada se sintetiza en la tabla 6.11:

Toma de decisión: Distribución en planta	Alternativa 1: Distribución A				Alternativa 2: Distribución B			
	a	b	c	d	a	b	c	d
Valor sin riesgo (v^*)	-0,070	-0,012	0,220	0,268	-0,090	-0,050	0,164	0,193
Severidad riesgo 1 (s_1)								
Severidad riesgo 2 (s_2)								
Valor integrado ($V=\sum p_i \cdot s_i$)	-0,070	-0,012	0,220	0,268	-0,090	-0,050	0,164	0,193
PV	0,429				0,429			
PR								
EV	23,58 %				12,40 %			
ER								

Tabla 6.11. Síntesis de resultados de la evaluación de las alternativas de distribución en planta del edificio. Caso VE1.

La representación de los conjuntos difusos resultantes en cada alternativa es la recogida anteriormente en el punto E.2.1.

Toma de decisión 2: COTA DE EXPLANACIÓN

C. Fase de Creatividad

C.2. Generación de alternativas para cada punto de decisión

Las alternativas generadas fueron colocar la cota de explanación a: 13, 12,5, 15, 5 y 6 m.

E. Fase de Evaluación

E.1. Preselección cualitativa de alternativas en cada punto de decisión

Se escogieron como paradigmáticas las cotas 13 y 6 m, representativas de la opción de dejar el nivel de explanada alto o bajo.

E.2. Evaluación de alternativas para cada punto de decisión

E.2.1. Evaluación del valor sin riesgos

Para el cálculo del valor sin considerar los riesgos puros de la toma de decisión, se despliega el árbol inicial de requerimientos identificando los parámetros de respuesta correspondientes, según lo indicado en la tabla 6.12. La evaluación la realiza de modo cualitativo, si bien intenta identificar los parámetros a los que afectará la toma de decisión y su evaluación cualitativa:

Parámetro de respuesta	Alternativa 1: Cota a 13 m	Alternativa 2: Cota a 6 m
Coste del movimiento de tierras	60.450 euros	30.780 euros
Coste de cimentación y muros	12.340 euros	35.220 euros
Accesibilidad	Regular (5 puntos)	Buena (9 puntos)*
Tiempo de ejecución de la explanación y cimientos	2 meses	1 mes y 15 días

Tabla 6.12. Tabla de evaluación de los parámetros de respuesta. Decisión relativa a la cota de explanación del edificio. Caso VE1.

(*) La puntuación es sobre 10.

E.2.2. Análisis y evaluación de los riesgos de la toma de decisión

El riesgo considerado, común a todas las alternativas, es el relativo a trabajar por debajo de la cota de nivel freático. Se estimó que dicho riesgo podría tener consecuencias sobre la seguridad de los trabajadores y en el posterior uso del edificio por filtraciones, humedades, etc. Por otro lado, realizar la obra bajo el nivel freático supondría una serie de medidas en fase de construcción y para la fase de uso que elevarían considerablemente el coste y el plazo de la ejecución, así como el coste de uso.

E.2.3. Cálculo del valor integrado

Sopesando cualitativamente las severidades de los riesgos previamente identificados y el valor sin riesgo estimado, se concluye que la alternativa 1 parece la más satisfactoria.

E.2.4. Análisis de compatibilidad

No se identifica ningún tipo de incompatibilidad.

E.2.5. Análisis de los resultados

El análisis de resultados se lleva a cabo mediante una revisión cualitativa del árbol de requerimientos para sopesar el análisis realizado.

E.2.6. Toma de decisión y justificación; presentación de resultados

Tras realizar este proceso de toma de decisión, se resumen las conclusiones para comentarlas posteriormente con el cliente para justificarle su toma de decisión y obtener el beneplácito de este.

Alternativa 1: Cota 13 m

- Desde el punto de vista del valor, esta alternativa supone un mayor coste de volumen de tierras, lo cual encarece la construcción. Por otro lado, los accesos son más complicados por la diferencia de cotas.

- En lo que respecta al riesgo, la solución es satisfactoria, pues el nivel freático no afectará a la obra, ni en construcción ni en uso.

Alternativa 2: Cota 6 m

-Desde el punto de vista del valor, fijar la cota de explanación tan abajo supone un ahorro en tierras de aportación, aunque implica un volumen de excavación importante y la necesidad de construir estructuras de contención considerables. Por otro lado, los accesos son sencillos ya que la cota de la carretera y la de la explanación son similares.

-En lo que respecta al riesgo, supone una solución problemática porque supone trabajar por debajo del nivel freático, lo cual implica también problemas en el mantenimiento futuro del edificio.

Atendiendo a estas consideraciones, se estima como más satisfactoria la alternativa 1. La razón de ello se basa en que la posible pérdida de valor o severidad asociada a los riesgos asociados a colocar la explanación por debajo del nivel freático no justifica el ahorro en volumen de tierras de aportación ni la dificultad de salvar el desnivel en los accesos. En términos relativos a la formulación introducida en esta tesis, la severidad s_i asociada al riesgo de existencia de agua y su alta probabilidad de ocurrencia, p_i , sustraen valor a la alternativa 2 (recuérdese que $v=v^*-\sum p_i \cdot s_i$). En otras palabras, el factor riesgo hace decantarse por una alternativa que en un principio se había estimado como de menos valor.

Toma de decisión 3: CIMENTACIÓN; TIPOLOGÍA Y DEFINICIÓN BÁSICA

C. Fase de Creatividad

C.2. Generación de alternativas para cada punto de decisión

Las alternativas generadas fueron:

- Losa de cimentación
- Zapatas aisladas
- Pilotaje
- Vigas de cimentación

E. Fase de Evaluación

E.1. Preselección cualitativa de alternativas en cada punto de decisión

Dadas las características del terreno, se escogieron como más razonables la losa de cimentación y la solución pilotada

E.2. Evaluación de alternativas para cada punto de decisión

E.2.1. Evaluación del valor sin riesgos

Se consideran los siguientes parámetros:

Parámetro de respuesta	Alternativa 1: Losa	Alternativa 2: Pilotes
Coste de ejecución	301.540 euros	271.370 euros
Plazo de ejecución	1 mes	1 mes y dos semanas

Tabla 6.13. Tabla de evaluación de los parámetros de respuesta. Decisión relativa a la cimentación del edificio. Caso VE1.

E.2.2. Análisis y evaluación de los riesgos de la toma de decisión

No se identifica ningún riesgo considerable que pueda marcar alguna diferencia entre las dos alternativas consideradas, ni en lo relativo al funcionamiento estructural ni en lo referente a la seguridad de los trabajadores⁶

E.2.3. Cálculo del valor integrado

A la luz de la evaluación de los parámetros identificados en la tabla 6.13, se juzga más satisfactoria la alternativa referente a la cimentación por pilotaje, principalmente por el menor coste. En este caso, la diferencia de tiempo de ejecución es asumible, y su importancia es sensiblemente menor que la del coste.

E.2.4. Análisis de compatibilidad

No identifica ningún tipo de incompatibilidad.

E.2.5. Análisis de los resultados

E.2.5.1. Cálculo del índice de potencialidad y eficiencia

De forma cualitativa se estima que la alternativa 2 parece ser la que tiene una mayor eficiencia. También se pone de manifiesto la trascendencia de la toma de decisión, ya que supone una gran potencialidad de valor, dado que afecta a muchos de los requerimientos identificados.

E.2.5.2. Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad se lleva a cabo planteándose cómo afectaría a la toma de decisión adoptada el que la percepción del cliente cambiase un poco respecto a lo estimado en un primer momento. El resultado de este análisis es que el grupo de trabajo

⁶ Se considera que, una vez tomadas las medidas de prevención adecuadas, la probabilidad de accidente laboral o daño a la salud de los trabajadores es prácticamente inexistente.

no cree que estas posibles diferencias fuesen tan sustanciales como para hacer decantar la decisión hacia otra alternativa.

E.2.6. Toma de decisión y justificación; presentación de resultados

Tras realizar este proceso de toma de decisión, el grupo de trabajo decide adoptar la segunda alternativa.

Toma de decisión 4: ESTRUCTURA; TIPOLOGÍA Y DEFINICIÓN BÁSICA

C. Fase de Creatividad

C.2. Generación de alternativas para cada punto de decisión

Las alternativas generadas fueron:

- Estructura metálica integral con forjados de placa alveolar
- Estructura metálica integral con forjados colaborantes
- Hormigón prefabricado integral
- Pilares de hormigón prefabricado, jácenas metálicas en celosía y forjado de placa alveolar
- Pilares prefabricados de hormigón y jácenas de madera en celosía
- Estructura de hormigón in situ (pilares in situ y forjado reticular) con jácenas metálicas.

E. Fase de Evaluación

E.1. Preselección cualitativa de alternativas en cada punto de decisión

De entre las alternativas anteriormente citadas, se escogió la solución en estructura metálica integral con forjados de placa alveolar (en adelante alternativa 1) y la solución en prefabricado de hormigón integral (alternativa 2).

E.2. Evaluación de alternativas para cada punto de decisión

E.2.1. Evaluación del valor sin riesgos

Los parámetros considerados al desplegar el árbol de requerimientos fueron:

Parámetro de respuesta	Alternativa 1: Estructura metálica	Alternativa 2: Estr. prefab. hormigón
Coste de ejecución	240.480 euros	247.730 euros
Plazo de construcción	15 días	17 días
Durabilidad*	4	8
Resistencia al fuego (minutos)	60	90
Modificabilidad*	9	5
Estética*	7	5

Tabla 6.14. Tabla de evaluación de los parámetros de respuesta. Decisión relativa a la tipología estructural del edificio. Caso VE1.

(*) Puntuación del 1 al 10

Como es obvio, los valores recogidos en la tabla son aproximados y corresponden a unos casos concretos de estructura metálica y prefabricada de hormigón, ya que en cada una de estas tipologías existe una gran variabilidad de precios y características. Por otro lado, con el parámetro “modificabilidad” se representa la capacidad de la estructura de aceptar cambios durante el uso o en ejecución. Respecto a la durabilidad, el acero es mucho más susceptible de corrosión que el hormigón, si bien en este caso se considera con mejores propiedades estéticas que este (sin considerar la posibilidad de pintarlo).

De este análisis, y atendiendo al árbol de requerimientos, se deduce que la estructura metálica apunta como la más favorable, esencialmente por fácil manejabilidad y modificabilidad. Por otro lado, su coste es también ventajoso.

E.2.2. Análisis y evaluación de los riesgos de la toma de decisión

Los riesgos considerados fueron esencialmente el incendio y la corrosión. Al ser zona de interior y no realizarse ninguna actividad industrial dañosa para los materiales, este último no se consideró representativo. Por otro lado, la severidad de un incendio no sería muy importante en este tipo de edificio, pues es un simple almacén y no contiene maquinaria ni productos de gran valor. Además, las medidas de evacuación previstas serían suficientes para evacuar al personal, no muy numeroso, antes de que colapsase la estructura, incluso en el caso de ser metálica. Por tanto, el elemento riesgo no es aquí un factor determinante.

E.2.3. Cálculo del valor integrado

Sopesando cualitativamente las severidades de los riesgos previamente identificados y el valor sin riesgo estimado, se concluye que la alternativa metálica parece la más satisfactoria.

E.2.4. Análisis de compatibilidad

Sin embargo, al analizar la compatibilidad de la solución se identifica un problema considerable; la exigencia de las autoridades locales en lo relativo a la resistencia al fuego. Ello hace que la solución metálica inicialmente prevista no sea en principio compatible con las exigencias del cuerpo de bomberos de la zona. A pesar de ello, la incompatibilidad es salvable, pues puede plantearse un tratamiento superficial con espuma sobre la estructura metálica de modo que cumpla los requerimientos. Sin embargo, esta medida incidiría sobre varios de los parámetros anteriormente identificados; aumentaría considerablemente el coste de la estructura, reduciría su calidad estética y aumentaría el plazo de ejecución. Todo ello hace que el valor de esta alternativa disminuya por la introducción de esta incompatibilidad. En términos de la formulación propuesta (apartado 3.5),

- Existe incompatibilidad ($k=1$)
- La incompatibilidad es salvable, es decir, el coeficiente ϕ se calcularía de modo análogo a la severidad en el caso de los riesgos; desplegando el árbol de requerimientos y evaluando la pérdida de valor introducida.

- En definitiva, si se considera la expresión del apartado 3.5,

$$v = v^* - c$$

$$c = \phi \cdot k$$

dado que ϕ no es nulo, la incompatibilidad supone una pérdida de valor. En definitiva actúa de modo análogo a un riesgo de probabilidad de ocurrencia 1.

E.2.5. Análisis de los resultados

El análisis de sensibilidad se realiza sopesando la evaluación cualitativa realizada en base al árbol de requerimientos sin que conlleve un cambio de parecer. Por otro lado, del número de requerimientos afectados y su ponderación se extrae que es una toma de decisión de gran potencialidad de valor o trascendencia (es decir, el índice PV sería alto en caso de calcularlo).

E.2.6. Toma de decisión y justificación; presentación de resultados

De la evaluación realizada se extrae que la toma de decisión se decanta hacia la estructura prefabricada de hormigón fruto de la pérdida de valor originada por la incompatibilidad identificada con la normativa local. Es interesante observar que de no existir esta incompatibilidad la alternativa escogida hubiera sido la metálica, dado que los precios de adquisición y la adaptación de las características de esta tipología a las características de este proyecto eran más satisfactorias.

Toma de decisión 5: FACHADA; TIPOLOGÍA Y DEFINICIÓN BÁSICA

C. Fase de Creatividad

C.2. Generación de alternativas para cada punto de decisión

Las alternativas generadas fueron⁷:

- Hormigón prefabricado
- Sandwich
- Ventilada con paneles de aluminio
- Bloque de hormigón
- De chapa simple

⁷ Obviamente en cada una de estas tipologías existe una considerable variedad. En este caso no se entrará en detalle pues excedería los propósitos de este trabajo. En cualquier caso, para más información sobre este aspecto puede consultarse el trabajo de Blanca et al. (2001).

E. Fase de Evaluación

E.1. Preselección cualitativa de alternativas en cada punto de decisión

En principio sólo se descartó la fachada ventilada por su excesivo precio para los fines de este edificio y la de chapa simple por su insuficiente aislamiento. También se descartó la fachada de bloque de hormigón por motivos estéticos.

E.2. Evaluación de alternativas para cada punto de decisión

E.2.1. Evaluación del valor sin riesgos

Los parámetros de respuesta considerados fruto del despliegue del árbol de requerimientos fueron:

Parámetro de respuesta	Alternativa 1: Sandwich	Alternativa 2: Hormigón prefabricado
Coste de ejecución	301.204 euros	331.325 euros
Plazo de ejecución	20 días	15 días
Durabilidad*	4 puntos	8 puntos
Conductividad térmica	1,66 W/m °C	0,6 W/m °C
Capacidad de aislamiento acústico	40 dBA	50 dBA
Impermeabilidad	Regular (6 puntos)	Buena (8 puntos)
Resistencia al viento	Regular (6 puntos)	Buena (9 puntos)
Estética	Regular (5 puntos)	Regular (5 puntos)

Tabla 6.15. Tabla de evaluación de los parámetros de respuesta.

Decisión relativa a la fachada del edificio. Caso VE1.

(*) Puntuación del 1 al 10

En la estimación de la tabla anterior se consideraron nuevamente valores aproximados. Como comentario, al juzgar la impermeabilidad de ambas alternativas se ha considerado que la aparición de goteras en la solución prefabricada de hormigón es mucho más improbable al existir menos juntas. Respecto a la resistencia a flexión frente a la acción del viento, como es obvio el hormigón ofrece unas características mucho mejores. En lo que tiene relación con el factor estético, debe considerarse que las puntuaciones realizadas suponen soluciones convencionales de ambas tipologías, sin tratamientos especiales.

Al tener en cuenta el aspecto estético, surgió la idea de volver a considerar la alternativa desechada de la fachada de bloque de hormigón, pues alguien recordó la existencia de bloques con excelentes características a este respecto. Sin embargo, a pesar de una duda inicial, se desestimó por considerarse excesivo el tiempo de ejecución y también las características estéticas, dado que se juzgaron más bien como arquitectónicas y no adecuadas a esta obra.

E.2.2. Análisis y evaluación de los riesgos de la toma de decisión

Se consideran los siguientes riesgos, comunes a ambas alternativas:

- Entrada de agua de lluvia
- Robo (perforación y entrada)

Respecto al primero, la severidad del riesgo es mayor en el prefabricado de hormigón, pues implica unos costes considerables al haber de sustituir la pieza o volver a ejecutar el sellado. Sin embargo, la probabilidad de ocurrencia se estima menor, pues la menor consistencia y el mayor número de uniones de la chapa metálica le hace más propensa a este tipo de problemas.

Respecto al segundo, la solución en hormigón prefabricado ofrece mejores características (menor probabilidad de ocurrencia) al ser más consistente el material. La chapa metálica es fácil de aserrar para introducirse en el interior. En cualquier caso, la severidad del riesgo no sería muy alta, pues en el interior del edificio no hay material de gran valor.

E.2.3. Cálculo del valor integrado

Sopesando cualitativamente las probabilidades y severidades de los riesgos previamente identificados, se estima que la alternativa metálica se perfila como la más satisfactoria.

E.2.4. Análisis de compatibilidad

No se identifica ningún tipo de incompatibilidad.

E.2.5. Análisis de los resultados

El análisis de sensibilidad se lleva a cabo de modo análogo a los casos anteriores. De la consideración cualitativa de los índices de eficiencia se extrae que la toma de decisión considerada no es de principal trascendencia y no entraña riesgos muy considerables (piénsese en los índices PV y PR a partir de la consideración del despliegue del árbol de requerimientos). Por ello, no se cree conveniente seguir ahondando en el análisis.

E.2.6. Toma de decisión y justificación; presentación de resultados

Por lo comentado en E.2.3. y al no existir incompatibilidades considerables, se opta por la solución en sandwich metálico, principalmente por su menor coste.

Toma de decisión 6: CUBIERTA; TIPOLOGÍA Y DEFINICIÓN BÁSICA

C. Fase de Creatividad

C.2. Generación de alternativas para cada punto de decisión

Las alternativas generadas fueron:

- Cubierta tipo “deck”
- Sandwich “in situ”
- Sandwich prefabricado (panel)
- Cubierta de chapa simple
- Cubierta especial con jácenas de prefabricado de hormigón en sección “albatros”.

E. Fase de Evaluación

E.1. Preselección cualitativa de alternativas en cada punto de decisión

En principio sólo se descartó la cubierta con elementos especiales en sección “albatros” por su excesivo precio para los fines de este edificio y la de chapa simple por su insuficiente aislamiento.

E.2. Evaluación de alternativas para cada punto de decisión

E.2.1. Evaluación del valor sin riesgos

Los parámetros de respuesta considerados fruto del despliegue del árbol de requerimientos son:

Parámetro de respuesta	Alternativa 1: Deck	Alternativa 2: Sandwich in situ	Alternativa 3: Panel
Coste de ejecución	361.445 euros	371.566 euros	392.482 euros
Plazo de ejecución	25 días	30 días	20 días
Durabilidad*	5 puntos	5 puntos	5 puntos
Conductividad térmica	1,6 W/m °C	1,4 W/m °C	1,3 W/m °C
Impermeabilidad*	7 puntos	6 puntos	6 puntos
Resistencia a carga vertical*	5 puntos	7 puntos	7 puntos

Tabla 6.16. Tabla de evaluación de los parámetros de respuesta.

Decisión relativa a la cubierta del edificio. Caso VE1.

(*) Puntuaciones del 1 al 10

Como comentario a la tabla, cabe decir que las tipología de sandwich y panel tienen una mayor resistencia a cargas verticales pues disponen de dos paneles metálicos, mientras que la cubierta tipo “deck” sólo incorpora un perfil. Por otro lado, la durabilidad es semejante pues la cubierta “deck” sufre el deterioro de la capa de impermeabilización como consecuencia de la radiación solar y la de tipo “sandwich” in situ padece la corrosión de los elementos metálicos de la capa exterior. Por otro lado, al

tener una membrana impermeable, la cubierta tipo “deck” suele dar mejores resultados de aislamiento del agua.

E.2.2. Análisis y evaluación de los riesgos de la toma de decisión

El principal riesgo considerado en esta ocasión fue el de aparición de goteras. En este sentido se evaluó como de severidad pequeña, a pesar de que implica un gasto de reparación y unas molestias, ya que las actividades que se realizan en el interior no se paralizarían por la entrada de agua, ni sufriría un daño considerable el material almacenado. Esta severidad sería mayor en el caso de la fachada sandwich pues supone un mayor trabajo de reparación. En lo relativo a la probabilidad de ocurrencia, se estima algo mayor en la cubierta sandwich in situ por el solape entre los perfiles conformados.

E.2.3. Cálculo del valor integrado

Teniendo en cuenta lo dicho anteriormente, la estimación del valor integrado se inclina a favor de la cubierta deck, principalmente por su rápida ejecución y propiedades estancas.

E.2.4. Análisis de compatibilidad

Se identifica una incompatibilidad: la inclinación de la cubierta. En este sentido, la inclinación del 2% prevista inicialmente es incompatible con las cubiertas de evacuación (sandwich prefabricado e in situ), por lo que este condicionante haría que la cubierta deck fuese la única solución posible. Obviamente, para salvar esta incompatibilidad cabe aumentar la pendiente de la cubierta hasta un 5%, si bien se opta por no hacerlo por motivos estéticos.

E.2.5. Análisis de los resultados

Este punto de desarrolla de forma análoga a la toma de decisión anterior, sin que produzca un cambio en la evaluación llevada a cabo.

E.2.6. Toma de decisión y justificación; presentación de resultados

Considerando la incompatibilidad anteriormente citada, la elección queda restringida, en este caso a la cubierta deck por ser la única de las alternativas seleccionadas compatible con la pendiente de la cubierta previamente considerada.

Toma de decisión 7: PAVIMENTOS; TIPOLOGÍA Y DEFINICIÓN BÁSICA

C. Fase de Creatividad

C.2. Generación de alternativas para cada punto de decisión

Las alternativas generadas fueron:

- Aglomerado
- De hormigón
- De adoquines

Así mismo, se consideraron zonas diferentes de análisis: interior de la nave, zona de tránsito de vehículos y zona de carga y descarga. Obviamente los requerimientos de cada una de estas zonas serán diferentes, por lo que, de hecho, constituyen estrictamente tomas de decisión diferenciadas.

E. Fase de Evaluación

E.1. Preselección cualitativa de alternativas en cada punto de decisión

Del análisis de las características y precios de los distintos tipos de pavimentos se realiza la siguiente preselección:

- | | |
|----------------------------------|------------------|
| - zona de carga y descarga: | p. de hormigón |
| | p. de aglomerado |
| - zona de tránsito de vehículos: | p. de aglomerado |
| - zona del interior de la nave | p. de hormigón |

Por tanto, esta preselección determina prácticamente la elección, de modo que únicamente existen dudas acerca del tipo de pavimento a adoptar en una de las zonas, para la que se propone un análisis algo más exhaustivo que sirva así mismo para revisar la opción escogida en el resto de zonas.

E.2. Evaluación de alternativas para cada punto de decisión

E.2.1. Evaluación del valor sin riesgos

Los parámetros de respuesta identificados tras desplegar el árbol de requerimientos en la zona de tránsito de peatones son los siguientes:

Parámetro de respuesta	Alternativa 1: Pav. hormigón	Alternativa 2: Pav. aglomerado
Coste de ejecución	302.730 euros	261.350 euros
Resistencia química	9 puntos	5 puntos
Resist. a cargas verticales*	Buena (9 puntos)	Regular (5 puntos)
	35 días	20 días
Estética*	7 puntos	5 puntos
Reparabilidad*	Difícil (5 puntos)	Sencilla (8 puntos)

Tabla 6.17. Tabla de evaluación de los parámetros de respuesta. Decisión relativa al pavimento del edificio. Caso VE1. (*) Puntuaciones del 1 al 10

E.2.2. Análisis y evaluación de los riesgos de la toma de decisión

El principal riesgo que se considera es el de patinazo. En este sentido la resistencia a la rodadura del pavimento de hormigón es superior a la del resto, por lo que la probabilidad de ocurrencia sería menor. De todas formas, dado que la severidad del riesgo sería en este caso despreciable al estar los vehículos casi parados, puede ignorarse en este caso este factor.

E.2.3. Cálculo del valor integrado

Del análisis realizado en E.2.2., así como de la consideración de la mínima severidad del factor riesgo se deduce que el pavimento de hormigón parece más indicado, principalmente por su mayor capacidad de carga puntual, dado que en un pavimento de aglomerado las patas de apoyo de la caja del camión se hundirían en el asfalto.

E.2.4. Análisis de compatibilidad

No se identifica ningún tipo de incompatibilidad.

E.2.5. Análisis de los resultados

El análisis de resultados se realiza de forma análoga a las tomas de decisión anteriores. No se extraen de él conclusiones relevantes.

E.2.6. Toma de decisión y justificación; presentación de resultados

Dado que no se han identificado incompatibilidades, del razonamiento recogido en el punto E.2.3. se deduce que la alternativa adoptada será el pavimento de hormigón.

6.5. MODIFICACIÓN EN OBRA DEL PROYECTO DE UNA CARRETERA (CASO PM1)

6.5.1. Descripción del caso

El presente caso de estudio se encuadra en las obras de construcción del tramo de una cierta autovía de 10 kilómetros de longitud. Antes de dar comienzo a la ejecución de la obra, el jefe de obra plantea realizar un estudio de valor en el seno de su empresa. En una cláusula del contrato se contemplaba que si la constructora se esforzaba por introducir cambios en el proyecto que supusieran reducciones de coste (sin merma de calidad), un tanto por ciento de esos ahorros se añadirían a la cantidad inicialmente estipulada en el contrato.

6.5.2. Descripción del estudio

En este contexto, el jefe de grupo decide realizar un estudio de valor previo al inicio de los trabajos para el que convoca al jefe de obra asignado, al técnico en presupuestos que se encargó de presupuestar la obra y a la persona que será jefe de producción de la obra. Los cuatro estudian a fondo el proyecto por su cuenta y quedan un día para exponer sus ideas esencialmente dirigidas a reducir costes y plazos. Para ello siguen el esquema general marcado por las tres fases del ACE: en primer lugar analizan el proyecto mediante la matriz de requerimientos, posteriormente dan pie a la generación de ideas y posteriormente pasan a evaluarlas de forma cualitativa, con base en la experiencia y la estimación de las diversas personas presentes.

Como resultado de este estudio, de una mañana de duración, se seleccionan tres propuestas a presentar a la Dirección de Obra como proyectos modificados. Se estima que los posibles ahorros respecto a la solución inicial del proyecto podrían rondar los veinte millones de pesetas, por lo que justifica claramente el esfuerzo y el gasto de tiempo empleado. Dado que realizar una descripción de los tres puntos de modificación alargaría innecesariamente este capítulo, se describirá únicamente el primero de ellos.

En un punto de dicha obra está proyectado un falso túnel ecológico⁸ de 265 m de longitud con dos ojos, uno para cada sentido de la marcha (se adjunta croquis al final). Dicha estructura está proyectada para ejecutarse in situ, si bien el citado jefe de obra se percata de que cabría la posibilidad de realizar dicha estructura en hormigón prefabricado. Tras estudiar la opción, se pone en contacto con tres casas de prefabricados que le remiten un diseño de la modificación, una oferta de la parte prefabricada y un cálculo de la parte a ejecutar in situ.

Tras haberse informado sobre la solvencia y modo de trabajo de las tres casas de prefabricados, decide desestimar a una de ellas. Posteriormente analiza ambas opciones siguiendo el esquema del IDS, que conoce en profundidad. Obviamente no se plantea desarrollarlo de modo detallado, si bien considera mentalmente los cinco planos o

⁸ El propósito de este tipo de estructuras es cubrir un tramo en trinchera de la infraestructura para evitar así el impacto producido por el efecto barrera de la carretera; por un lado se reestablece el paisaje y por otro se permite el paso superior de fauna.

niveles de análisis propuestos desde el punto de vista de la ejecución de la obra; coste, calidad, plazo, seguridad e impacto ambiental. Analiza las propuestas de forma cualitativa desde estos puntos de vista y centra su atención en el factor coste, ya que en el resto de aspectos no parece haber diferencias entre las diversas opciones. Considera también los riesgos de forma cualitativa, así como las posibles incompatibilidades. Finalmente se decide por una oferta, la más barata, ya que el fabricante le inspira suficiente confianza y el plazo de suministro y montaje es muy parecido.

Con dicha información, el jefe de obra plantea a la Dirección de Obra la posibilidad de realizar un proyecto modificado. Para ello le entrega un informe con las ventajas que supondría este cambio, con la propuesta de diseño de la empresa de prefabricados escogida y la información relativa a la modificación de plazos que ello supondría. En la figura 6.12 se recoge un croquis de la solución prefabricada propuesta.

El Director de Obra, analiza ambas opciones y al ver que se trata de una partida de un coste importante y que la decisión no es clara, plantea utilizar el IDS como guía para un análisis más profundo de la misma.

La fase de análisis ya la había realizado al principio de la obra. De hecho, es la tercera vez que realiza un análisis de este tipo. Por otro lado, la fase de creatividad la lleva a cabo analizando ambas opciones, y sopesando si existe la posibilidad de mejorar las alternativas existentes. Efectivamente, ve que existen ciertos aspectos mejorables y se pone en contacto con el ingeniero proyectista de la empresa de prefabricados, el cual en unos días le remite una modificación de la propuesta inicial.

Una semana después, el director de la obra procede a la evaluación de las dos alternativas que baraja: ejecución in situ y prefabricada. Con este objetivo, procede al análisis detallado de estas opciones, para lo que despliega el árbol de requerimientos hasta el nivel que considera necesario. Posteriormente, identifica los posibles parámetros de respuesta y procede a la estimación de los mismos con base en los datos proporcionados por el jefe de obra y los que él ha conseguido por sus colaboradores y compañeros. Dicha estimación se adjunta en el apartado 6.5.3.

A continuación identifica y evalúa los riesgos de las diversas alternativas y evalúa la compatibilidad de las mismas con otras unidades de obra y con el entorno del proyecto. No encuentra incompatibilidades. Finalmente calcula el valor integrado y los índices de rendimiento, a la vez que realiza un somero análisis de sensibilidad para verificar su estimación.

De la evaluación realizada extrae que a efectos de la calidad del proyecto la solución in situ y la prefabricada pueden ser muy similares. En lo referente al coste no pone atención pues lo que deberá pagar su organización, la Dirección General de Carreteras de Asturias, será lo mismo en todos los casos. Desde este punto de vista, por tanto, la citada alternativa aporta valor esencialmente a la empresa constructora. La gran ventaja, por tanto, es que la introducción de la solución prefabricada supone un ahorro de tiempo en la ejecución de la obra, lo cual es lo que le hace decantarse por ella.

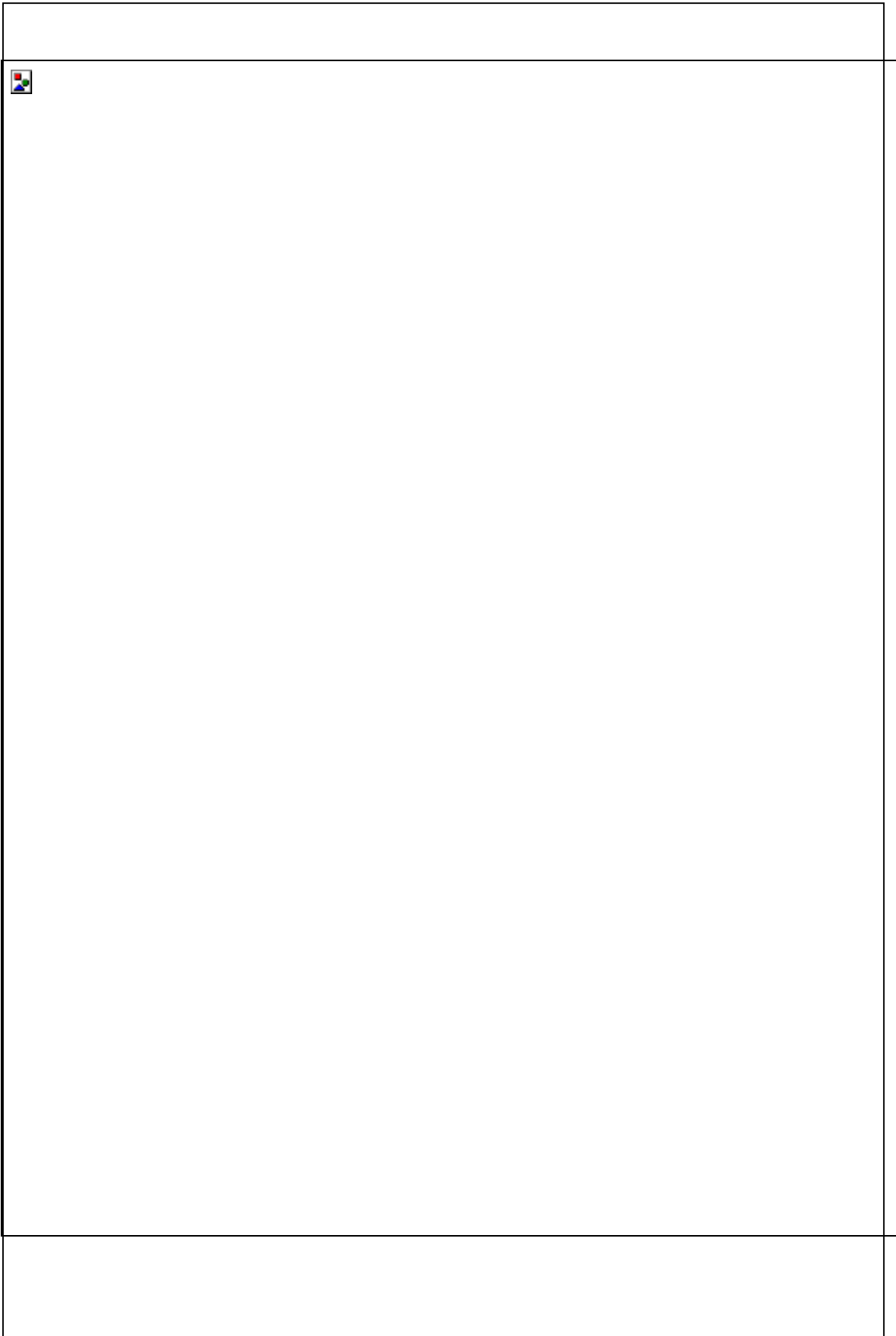


Figura 6.12. Croquis de las secciones de las dos alternativas estudiada en el caso PM1.

6.5.3. Resultados del estudio

A. Fase de Análisis

A.1. Preparación del estudio y recogida de información

Antes de proceder al análisis de la toma de decisión, el director de obra recogió la siguiente información:

- Proyecto ejecutivo con la solución inicial (planos y cálculos)
- Oferta, planos y anejo de cálculos justificativos de la solución prefabricada
- Análisis de la información sobre los proveedores (catálogos, entrevistas, petición de opinión a compañeros con experiencia de trabajo con ellos, etc.).

A.2. Identificación de procesos

	PLANIFICACIÓN	MATERIALIZ.	UTILIZACIÓN	REINTEGRACIÓN
ESTR	Gobierno autonómico Gobierno central	Diseño Planificación técnica de la obra		
CLAVE	Comercio Industria Turismo	Proyecto Excavación y contención Estructuras y obras de fábrica Explicación Firme	Circulación de vehículos	Rehabilitación
SOPORTE	Servicios	Servicios Señalizaciones, protecciones y embellecedores Instalaciones Drenaje	Mantenimiento Asistencia	

Tabla 6.18. Matriz de identificación de procesos del proyecto correspondiente al caso PM1.

A.3. Identificación de requerimientos

	PLANIFICACIÓN	MATERIALIZ.	UTILIZACIÓN	REINTEGRACIÓN
§	Aumento de la actividad económica	Costes de construcción	Costes de uso Costes de mantenimiento Costes de instalaciones	Coste de rehabilitación
T		Tiempo de construcción	Tiempo de utilización Frecuencia de mantenimiento	
F	Imagen de la región	Constructibilidad	Comodidad de uso	
S	Aceptación social	Seguridad e higiene en construcción	Seguridad e higiene en uso	
M		Respeto al entorno durante construcción	Respeto al entorno durante construcción	

Tabla 6.19. Matriz de identificación de requerimientos del proyecto correspondiente al caso PM1.

A.4. Construcción del árbol de requerimientos

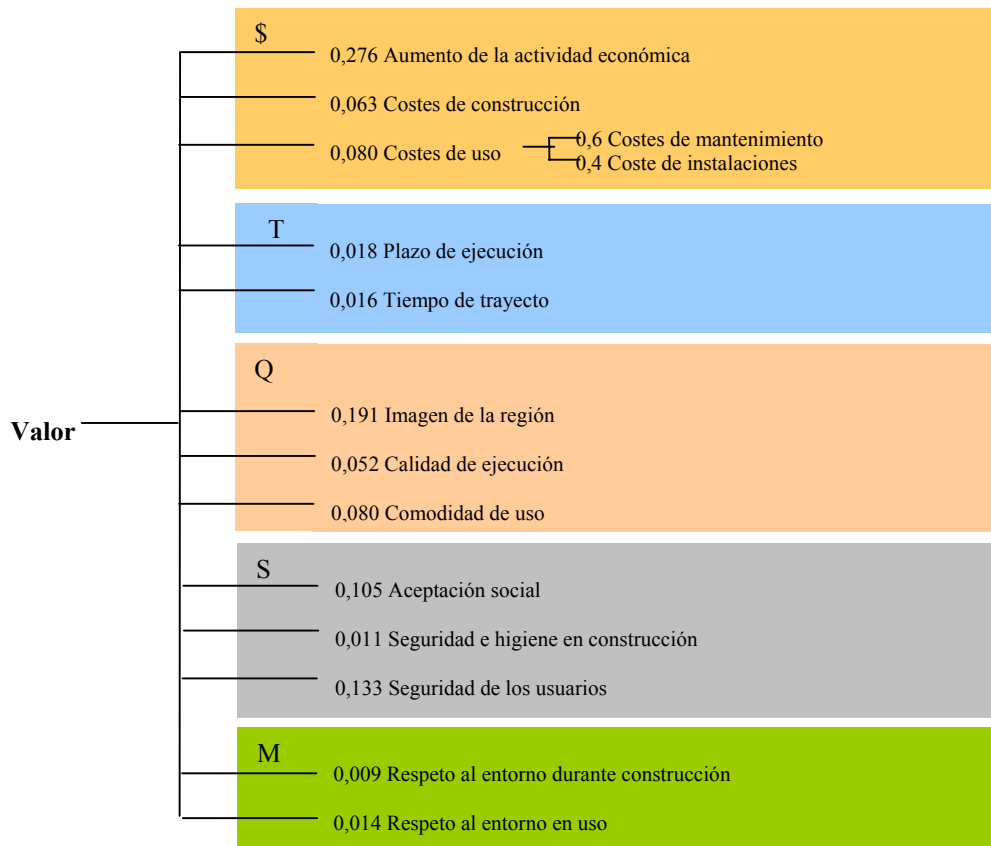


Fig. 6.13. Árbol de requerimientos del proyecto estudiado en el caso PM1.

A.5. Ponderación de los requerimientos

Tal como se explica en el apartado 3.3, para la ponderación de los requerimientos se llevará a cabo mediante el principio de Pareto. Por tanto, los requerimientos se compararán según los siguientes grupos:

%v	1ª selección	%v	2ª selección	%v	3ª selección
0,6	- Aumento de la actividad económica - Imagen de la región - Seguridad de los usuarios				
0,4	- Aceptación social del entorno - Costes de construcción - Costes de uso - Plazo de ejecución - Tiempo de trayecto - Calidad de ejecución - Comodidad de uso - Seguridad e higiene en construcción	0,3	- Costes de construcción - Calidad de ejecución - Comodidad de uso - Seguridad de los usuarios		
	- Respeto al entorno en construcción - Respeto al entorno en uso	0,1	- Costes de uso - Plazo de ejecución - Tiempo de trayecto - Seguridad e higiene en construcción - Respeto al entorno en construcción - Respeto al entorno en uso	0,05	- Plazo de ejecución - Costes de uso
				0,05	- Tiempo de trayecto - Seguridad e higiene en construcción - Respeto al entorno en construcción - Respeto al entorno en uso

Tabla 6.20. Agrupación de requerimientos según el principio de Pareto. Proyecto correspondiente al caso de estudio VE1

Ponderación correspondiente a la primera selección por Pareto:

1. Aumento de la actividad económica
2. Imagen de la región
3. Seguridad de los usuarios

	1	2	3
1	1	1,5	2
2	0,667	1	1,5
3	0,5	0,667	1

w _i
0,460
0,319
0,221

w _{i tot}
0,276
0,191
0,133

$\lambda_{max}=3,002$ $IC=8 \cdot 10^{-4}$ $CC=0,001$
 $n=3$ $IA=0,58$

Ponderación correspondiente a la segunda selección por Pareto:

1. Aceptación social del entorno
2. Comodidad de uso
3. Costes de construcción
4. Calidad de ejecución

	1	2	3	4
1	1	1,25	1,75	2,0
2	0,80	1	1,25	1,5
3	0,57	0,80	1	1,25
4	0,50	0,66	0,80	1

w _i
0,349
0,267
0,210
0,174

w _{i tot}
0,105
0,080
0,063
0,052

$\lambda_{max}=4,002$ $IC=6 \cdot 10^{-4}$ $CC=7 \cdot 10^{-4}$
 $n=4$ $IA=0,9$

Ponderación correspondiente a la tercera selección por Pareto:

Los requerimientos seleccionados como más importantes, al ser dos no requiere construir la matriz de ponderación:

1. Costes de uso
2. Plazo de ejecución

w _i
0,65
0,35

w _{i tot}
0,033
0,018

Para ponderar los requerimientos restantes se vuelve a realizar la matriz de ponderación.

1. Tiempo de trayecto
2. Respeto al entorno en uso
3. Seguridad e higiene en construcción
4. Respeto al entorno en construcción

	1	2	3	4
1	1	1,25	1,5	1,75
2	0,8	1	1,25	1,5
3	0,66	0,8	1	1,25
4	0,57	0,66	0,8	1

w _i
0,328
0,27
0,22
0,181

w _{i tot}
0,016
0,014
0,011
0,009

$\lambda_{max}= 4,001$ $IC=3 \cdot 10^{-4}$ $CC=3 \cdot 10^{-4}$
 $n=4$ $IA=0,9$

C. Fase de Creatividad

C.1. Identificación de puntos de decisión y definición de su alcance

En este caso el punto de decisión es único; discernir entre la conveniencia o no de adoptar la solución prefabricada frente a la estructura in situ originalmente prevista.

C.2. Generación de alternativas para cada punto de decisión

La generación de alternativas tampoco ha lugar pues las alternativas están planteadas de antemano.

E. Fase de Evaluación

E.1. Preselección cualitativa de alternativas en cada punto de decisión

Del análisis de las ofertas y soluciones prefabricadas presentadas, el Director de Obra rechaza dos de las tres ofertas presentadas y selecciona una de ellas para cotejarla con la solución inicial.

E.2. Evaluación de alternativas para cada punto de decisión

E.2.1. Evaluación del valor sin riesgos

Para el cálculo del valor sin considerar los riesgos puros de la toma de decisión, el director de obra despliega el árbol inicial de requerimientos identificando los parámetros de respuesta correspondientes según lo indicado en la figura 6.14.

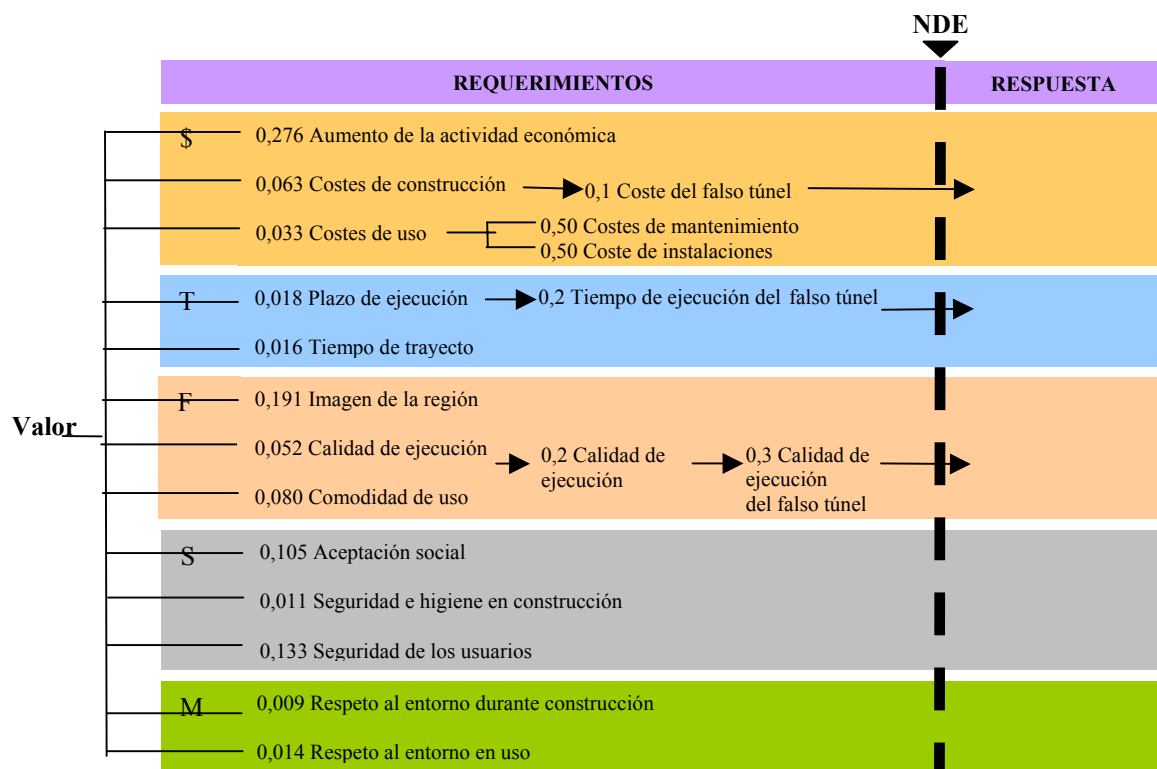


Figura 6.14. Despliegue del árbol de valor para la evaluación de alternativas. Caso PM1.

Construcción de las funciones de valor de los requerimientos afectados:

Las funciones de valor construidas por el decisor son las que se recogen en la figura 6.15.

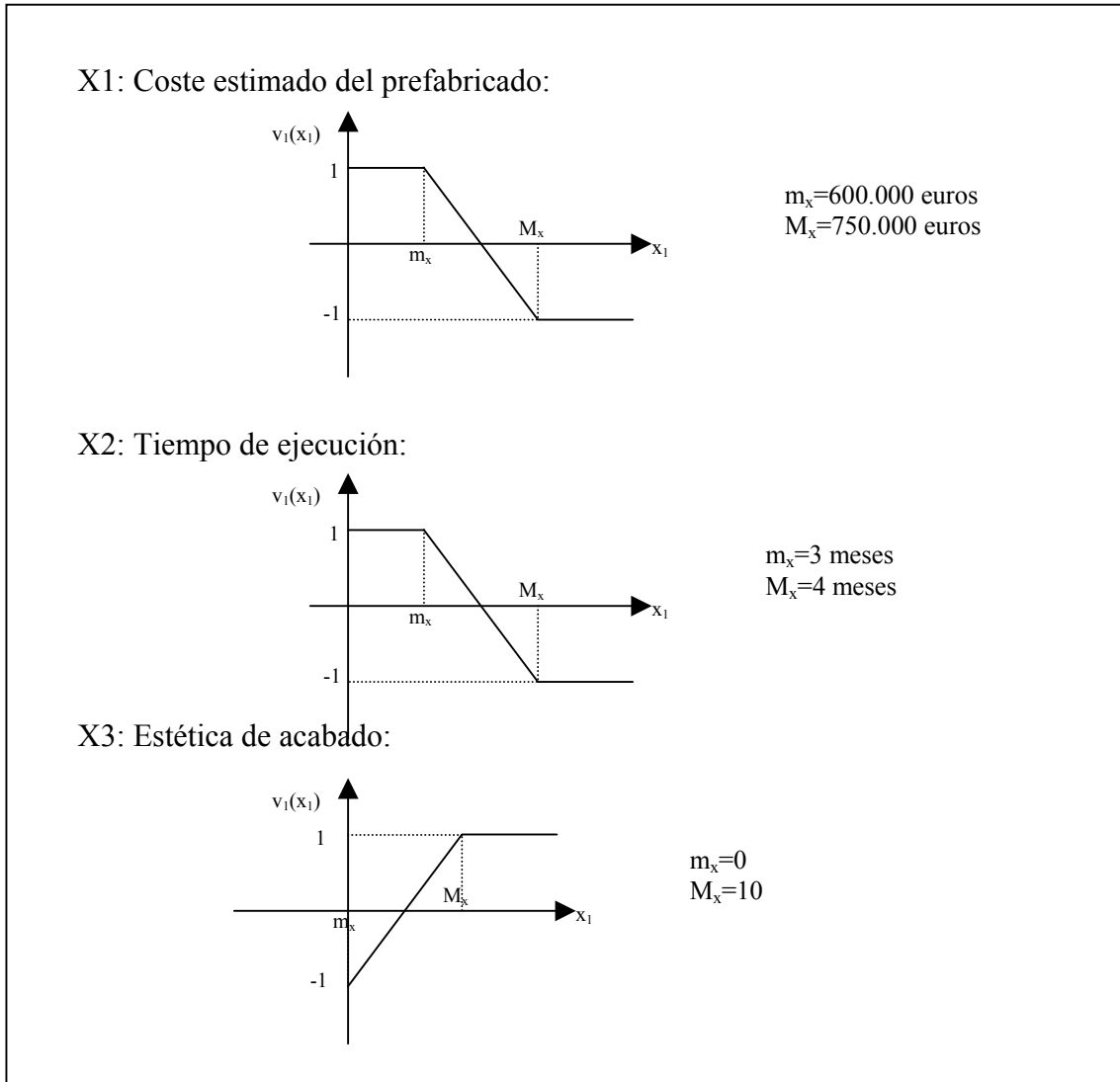


Figura 6.15. Funciones de valor consideradas en la evaluación de la decisión relativa al caso PM1.

A partir de este despliegue del árbol se articula la medición según el tratamiento difuso explicado en el apartado 3.4. Las estimaciones del director de obra y los resultados obtenidos son los recogidos en la tabla 6.21.

Parámetros	Medida	Estimación	1. Solución prefabricada			2. Solución in situ		
			E-1	E-2	E-3	E-1	E-2	E-3
X1: Coste de construcción	Miles de euros	a	662	-	-	702	-	-
		b	663	-	-	702	-	-
		c	669	-	-	705	-	-
		d	669	-	-	705	-	-
X2: Plazo de construcción	Meses	a	3	-	-	3,2	-	-
		b	3	-	-	3,2	-	-
		c	3,2	-	-	3,5	-	-
		d	3,2	-	-	3,5	-	-
X3: Calidad de acabado	Puntuación	a	6	-	-	5	-	-
		b	6	-	-	5	-	-
		c	7	-	-	6	-	-
		d	7	-	-	6	-	-

Tabla 6.22. Estimaciones relativas a los parámetros de respuesta. Toma de decisión correspondiente al caso PM1.

Mediante la agregación y la obtención de las imágenes mediante la función $v(\cdot)$ se obtiene el resultado para cada alternativa, según se recoge en la figura 6.16.

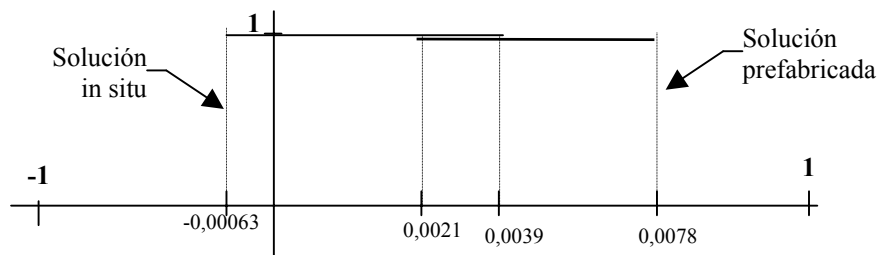


Figura 6.16. Resultado en términos difusos de la evaluación de alternativas del caso PM1 sin considerar riesgos puros.

E.2.2. Análisis y evaluación de los riesgos de la toma de decisión

Los riesgos identificados por el Director de obra asociados a la toma de decisión fueron los siguientes:

Alternativa 1: Solución prefabricada

Para la evaluación de los riesgos se procede de forma análoga a la descrita en el punto E.2.1. Los riesgos identificados y las medidas de respuesta se recogen en la tabla 6.22. En dicha tabla se muestran también los parámetros considerados para el cálculo de la severidad una vez adoptadas las medidas de respuesta.

Riesgo considerado		Medida	Parámetros de evaluación de la severidad (ξ)
1	Filtración por incorrecto sellado de las juntas.	Ninguna. Se considera que no vale la pena limpiarlo	- Estética de acabado (regueros)
2	Mal acabado por fallos en el montaje (resaltos entre piezas, desconchados por golpes, etc.) o defectos de fabricación	Exigir a la casa de prefabricados la reparación	- Estética de acabado (aunque se repare siempre se ve el mortero o similar)

Tabla 6.22. Medición de los riesgos considerados en la decisión relativa al caso PM1.

Estas pérdidas de calidad de acabado se miden a través de puntuación en una escala del 1 al 10. Para ello se utiliza una vez más el árbol de requerimientos desplegado convenientemente. En este caso, al hacer referencia ambos al mismo parámetro, ya utilizado en el cálculo del valor sin riesgo, no es necesario repetir el proceso de despliegue e identificación de parámetros. Como se observa en la tabla anterior, no se ha considerado la influencia en el coste y el tiempo de construcción. El resultado de la estimación de pérdida de calidad de acabado es:

Riesgo	Probabilidad	Medida	Estimación	Δx (¹)		
				E-1	E-2	E-3
R1:	0,2	Puntuación	a	2	-	-
			b	2	-	-
			c	3	-	-
			d	3	-	-
R2:	0,3	Puntuación	a	1	-	-
			b	1	-	-
			c	2	-	-
			d	2	-	-

Tabla 6.23. Estimación de los riesgos considerados en la decisión relativa al caso PM1
¹ Δx : posible pérdida producida por el riesgo medida en el parámetro x

Las probabilidades se calculan de forma subjetiva (no existen en esta caso datos que permitan otra alternativa para su estimación). Por otro lado, la severidad se evalúa según lo explicado en el apartado 3.4, de modo que, por ejemplo, según muestra la figura 6.17, el riesgo 1 supone una severidad correspondiente a la pérdida de valor que implica la peor calidad de acabado.

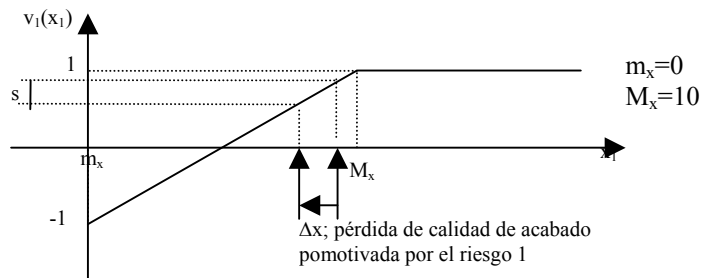


Figura 6.17. Visualización de la pérdida de valor producida por el efecto del riesgo. Caso PM1.

Operando del mismo modo que en E.2.1, se obtiene un número difuso que representa la severidad estimada (véase figura 6.18, correspondiente a los dos riesgos contemplados).

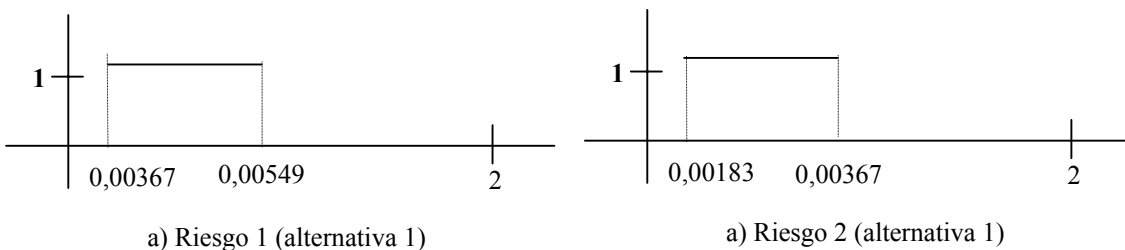


Figura 6.18. Función de pertenencia de las severidades de los riesgos considerados. Caso PM1.

Alternativa 2: Solución in situ

Riesgos identificados:

Riesgo considerado		Medida	Parámetros de evaluación de la severidad (xi)
1	Mala ejecución por defectos de encofrado, amasada de hormigón defectuosa, etc.	Exigir reparación al fabricante	- Estética de acabado (aún así no queda bien)

Tabla 6.24. Medición de los riesgos considerados. Caso PM1.

El resultado de la estimación de pérdida de calidad de acabado es:

Riesgos	Probabilidad d	Medida	Estimación	Δx (¹)		
				E-1	E-2	E-3
R1:	0,2	Puntuación	a	3	-	-
			b	3	-	-
			c	4	-	-
			d	4	-	-

Tabla 6.25. Estimación de los riesgos considerados. Caso PM1.

¹ Δx : posible pérdida producida por el riesgo medida en el parámetro x

Operando del mismo modo que en el caso anterior. se obtiene un número difuso que representa la severidad estimada (véase la figura 6.19).

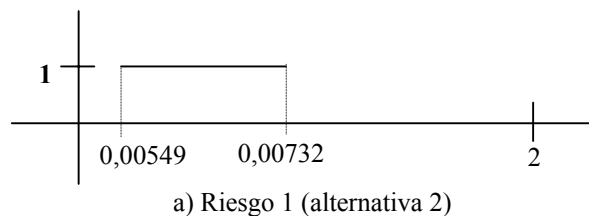


Figura 6.19. Función de pertenencia de las severidades de los riesgos considerados. Caso PM1.

E.2.3. Cálculo del valor integrado

A partir de estos resultados se calcula la pérdida de valor que supone la posible existencia de estos riesgos restando las citadas severidades al valor calculado inicialmente en el punto E.2.1. El resultado es el recogido en la tabla 6.26 y la figura 6.20.

Toma de decisión: Distribución en planta	Alternativa 1: Solución prefabricada					Alternativa 2: Solución in situ				
	p_i	a	b	c	d	p_i	a	b	c	d
Valor sin riesgo (v^*)	1	0,0021	0,0021	0,0078	0,0078	1	-0,0006	-0,0006	0,0039	0,003993
Severidad riesgo 1 (s_1)	0,1	0,0036	0,0036	0,0054	0,0054	0,3	0,00549	0,00549	0,00732	0,00732
Severidad riesgo 2 (s_2)	0,1	0,00183	0,00183	0,00367	0,00367					
Severidad de intersección (s_1 y s_2)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0					
Valor integrado		0,00161	0,00161	0,00787	0,00787		-0,00227	-0,00227	0,00394	0,00394

Tabla 6.26. Cálculo del valor integrado. Caso PM1

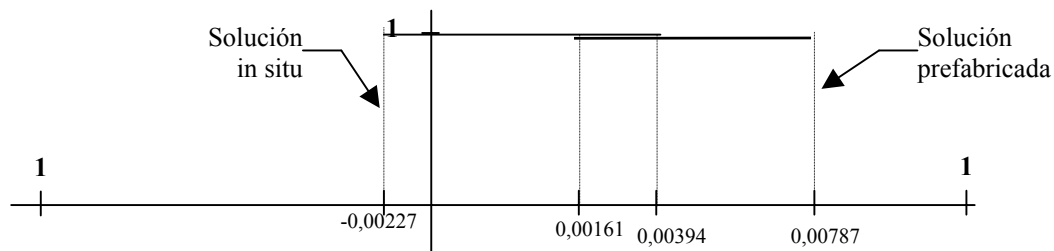


Figura 6.20. Representación en términos difusos de los resultados de la evaluación. Caso PM1

E.2.4. Análisis de compatibilidad

El Director de obra se pregunta por la posible incompatibilidad de alguna de las posibles alternativas consideradas con otros aspectos del proyecto. No observa ninguna. Por tanto, según lo descrito en el apartado 3.5, $k=0$, lo que implica que $c=0$.

E.2.5. Análisis de los resultados

E.2.5.1. Cálculo del índice de potencialidad y eficiencia

Los índices de potencialidad y eficiencia obtenidos son los siguientes:

PV=0,0191 (en ambas alternativas) Alternativa 1 EV=26,37 % (promedio)
 Alternativa 2 EV=8,82 %

PR=0,0091 (en ambas alternativas) Alternativa 1 ER=96,83 % (promedio)
 Alternativa 2 ER=90,69 %

E.2.5.2. Análisis de sensibilidad

Se realiza un análisis de sensibilidad consistente en variar algunos de los valores de los pesos y de los parámetros para sopesar la variación que imprimen al resultado

final del valor de las diversas alternativas, con el objetivo de comprobar que la ligeras variaciones. Los tanteos realizados no introducen variaciones significativos en la evaluación realizada, es decir, las pequeñas modificaciones no producen cambios importantes en el resultado final.

E.2.6. Toma de decisión y justificación. Presentación de resultados

Dado que no se han detectado incompatibilidades ni el análisis de resultados ha producido variaciones, los resultados finales corresponden a los recogidos en el apartado E.2.3., según los cuales se escoge la alternativa 1 por suponer un mayor valor, incluso tras la consideración de los riesgos asociados.

6.6. ELECCIÓN DEL CONTRATISTA PARA UN COMPLEJO DE EDIFICIOS RESIDENCIALES (CASO PM2)

6.6.1. Descripción del caso

El caso planteado es una decisión a tomar por el project manager de una serie de tres edificios de apartamentos de verano en una población de la costa Catalana. Una de las decisiones importantes que tendrá que abordar es la elección del contratista que realizará los trabajos de construcción. Como apoyo a esta toma de decisión decide emplear el sistema IDS.

6.6.2. Descripción del estudio

El Project Manager dispone ya del análisis del proyecto ya que asistió a su cliente en un estudio de valor cuando este se planteaba la conveniencia o no de llevarlo a cabo, el lugar y la magnitud del proyecto (emplazamiento de la obra, número de edificios, número de pisos, número y superficie de los apartamentos, etc.). Esta fase de análisis le ha servido para posteriores estudios de valor en la etapa de diseño, en los que prefirió que no interviniese ningún constructor por estimar que él tenía la suficiente experiencia en obra y conocimiento del proceso de producción como para aportar experiencia e información en el desarrollo de dicho estudio. Por otro lado, quería evitar elegir el constructor antes de realizar el diseño para poder así conseguir una mejor precio en la oferta de construcción. Los resultados de aquella primera fase de análisis del proyecto se adjuntan en el apartado 6.6.3.

A continuación la citada persona establece contacto con varias empresas constructoras a las que entrega un pliego de condiciones del contrato. Posteriormente les pide oferta y mantiene una entrevista con los comerciales en las que obtiene información acerca de las diferentes empresas.

Posteriormente el Project Manager selecciona tres ofertas entre las recibidas y desestima el resto por considerarlas demasiado caras o por falta de fiabilidad de las empresas ofertantes. Con estas tres alternativas plantea un estudio más detallado de su evaluación, para lo que utiliza la fase de evaluación del sistema IDS. Tras la evaluación de las tres alternativas (recogida en el siguiente apartado) el decisor opta por la opción que él considera de menor riesgo, a pesar de implicar un coste mayor (véanse los resultados del estudio recogidos en el apartado 6.6.3).

6.6.3. Resultados del estudio

A. Fase de análisis

A.1. Preparación del estudio y recogida de información

Antes de proceder al análisis de la toma de decisión, el project manager recogió la siguiente información:

- Presupuesto de construcción del proyecto

- Oferta económica de tres constructoras:
 1. Construcciones Ramírez Empresa pequeña de ámbito local
 2. AKC Gran empresa constructora generalista de ámbito nacional
 3. HORMISA Constructora perteneciente a un grupo de ámbito internacional especializada en España en el ámbito de construcción residencial

- Análisis de la información sobre las constructoras (catálogos, entrevistas, información sobre otras obras realizadas, petición de opinión a compañeros con experiencia de trabajo con ellos, etc.). De esta información el Project manager se hace una idea de la solvencia, profesionalidad y fiabilidad de las empresas consideradas.

A.2. Identificación de procesos

	PLANIFICACIÓN	MATERIALIZ.	UTILIZACIÓN	REINTEGRACIÓN
ESTR	Administración municipal		Gestión del almacén	Proyecto de reutilización Gestión de residuos
CLAVE	Promoción inmobiliaria: venta de apartamentos	Proyecto Licitación Licencias de construcción Planificación técnica Compras y contratación Construcción Implantación	Descanso y ocio fuera de casa Desc y diversión diurna Desc y diversión nocturna Descanso y ocio en la casa Desc y diversión diurna Desc y diversión nocturna	Licencias de demolición Desconexión Desmantelamiento Desmontaje Demolición Derribo Desescombro
SOPORTE	Gestión de construcción	Suministro de agua y energía Control calidad en obra Certificación	Necesidades básicas	Almacenaje de residuos

Tabla 6.27. Matriz de identificación de procesos del proyecto correspondiente al caso PM2.

A.3. Identificación de requerimientos

	PLANIFICACIÓN	MATERIALIZ.	UTILIZACIÓN	REINTEGRACIÓN
S	Precio de venta del apartamento	Costes de construcción	Costes de mantenimiento	Precio de reventa
T		Tiempo de construcción	Vida útil	
F	Estética del edificio	Constructibilidad Calidad de ejecución	Confort.	
S		Seguridad e higiene en construcción	Seguridad e higiene en uso	
M		Contaminación en construcción	Eficiencia energética	

Tabla 6.28. Matriz de identificación de requerimientos del proyecto correspondiente al caso PM2.

A.4. Ponderación de los requerimientos

La realiza cualitativamente, sin realizar una estimación numérica

A.5. Construcción del árbol de requerimientos

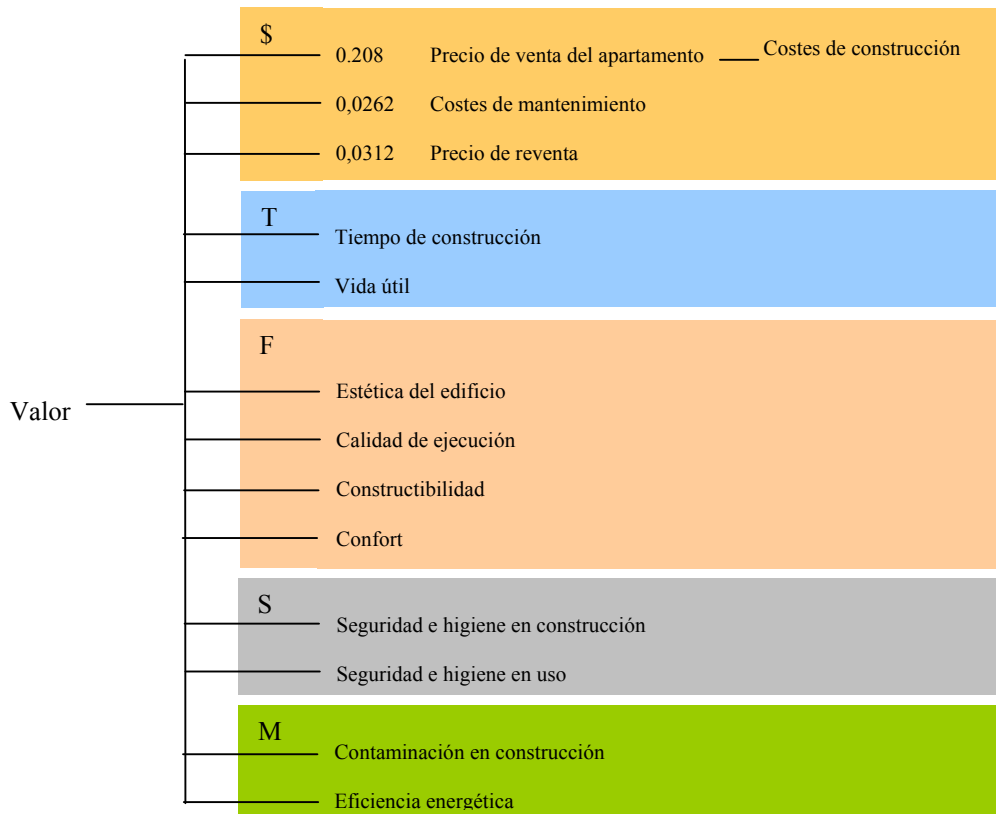


Figura 6.21. Árbol de requerimientos del proyecto correspondiente al caso PM2.

C. Fase de Creatividad

C.1. Identificación de puntos de decisión y definición de su alcance

En este caso el punto de decisión es único; seleccionar el contratista para la construcción del inmueble.

C.2. Generación de alternativas para cada punto de decisión

La generación de alternativas tampoco ha lugar, pues las alternativas están planteadas de antemano; son las tres ofertas que se barajan. En este punto el Project manager se plantea alguna otra oportunidad y busca alguna alternativa más, si bien finalmente acaba por considerar las tres iniciales.

E. Fase de Evaluación

E.1. Preselección cualitativa de alternativas en cada punto de decisión

En principio no se rechaza ninguna de las alternativas.

E.2. Evaluación de alternativas para cada punto de decisión

E.2.1. Evaluación del valor sin riesgos

Para el cálculo del valor sin considerar los riesgos puros de la toma de decisión, el Project manager despliega el árbol inicial de requerimientos identificando los parámetros de respuesta correspondientes según lo indicado en la tabla 6.29. La evaluación la realiza de modo cualitativo, si bien intenta identificar los parámetros a los que afectará la toma de decisión y su evaluación cualitativa:

Parámetro de respuesta	Alternativa 1: Cnes. Ramírez	Alternativa 2: AKC	Alternativa 3: HORMISA
Precio de oferta	8.567.000 euros	8.749.430 euros	9.036.150 euros
Plazo de ejecución	12 meses	11 meses	10 meses y medio
Calidad de ejecución	Regular (6 puntos)	Buena (7 puntos)	Muy buena (8 puntos)

Tabla 6.29. Parámetros de respuesta relativos a la decisión del caso PM2.

E.2.2. Análisis y evaluación de los riesgos de la toma de decisión

Los riesgos identificados por el Project manager asociados a la toma de decisión fueron los siguientes:

Alternativa 1: Construcciones Ramírez

Riesgo considerado	Medida	Parámetros de medición de la severidad	Probabilidad	Severidad
1 Baja calidad de ejecución	Asegurar en el contrato unos mínimos de calidad	Contenciosos y costes de reparación Gastos jurídicos Defectos irreparables	Media	Alta
2 Descuido de la seguridad de los operarios	Exigir cumplimiento de la normativa	Accidentes (daños personales) Mala fama de la obra y la inmobiliaria Multas y sanciones	Media-baja	Alta
3 Riesgo de insolvencia en caso de problemas	Exigir aval	Aún con aval se considera que se tardaría mucho tiempo en recuperar el dinero Gastos jurídicos	Media-baja	Alta

Tabla 6.30. Evaluación de los riesgos asociados a la alternativa 1. Caso PM2.

Alternativa 2: AKC

Riesgo considerado		Medida	Parámetros de medición de la severidad	Probabilidad	Severidad
1	Falta de experiencia en este tipo de obras	Exigir asistencia técnica cualificada	Se considera que aún así pueden haber retrasos por no conocer las peculiaridades de la construcción de este tipo de edificación y por falta de contactos entre los industriales y proveedores de este ámbito.	Media	Media

Tabla 6.31. Evaluación de los riesgos asociados a la alternativa 2. Caso PM2.

Alternativa 3: HORMISA

En principio se identifica como una alternativa segura, sin riesgos considerables a tener en cuenta en primera instancia.

E.2.3. Cálculo del valor integrado

Sopesando cualitativamente las severidades de los riesgos previamente identificados y el valor sin riesgo estimado, concluye que la alternativa 3 parece la más satisfactoria, dado que el Project manager se decanta por la seguridad frente a una diferencia en el precio no excesiva

E.2.4. Análisis de compatibilidad

En el análisis de incompatibilidad el Project manager identifica un dudoso cumplimiento de la legislación de seguridad por parte de la empresa Construcciones Ramírez, por lo que opta por descartarla definitivamente.

E.2.5. Análisis de los resultados

De forma cualitativa se percata de la trascendencia de la toma de decisión, ya que afecta a muchos de los requerimientos identificados, lo cual supone una gran potencialidad de valor.

Por otro lado, el análisis de sensibilidad lo lleva a cabo planteándose cómo afectaría a la toma de decisión adoptada el que la percepción del cliente difiriese un tanto de la del Project manager. El resultado de este análisis es que la citada persona no cree que estas posibles diferencias fuesen tan sustanciales como para hacer decantar la decisión hacia otra alternativa.

E.2.6. Toma de decisión y justificación; presentación de resultados

Finalmente, el Project manager se decanta por la tercera alternativa. A pesar de que supone un coste mayor que el resto, su experiencia con los costes de no calidad y los problemas relativos a la mala ejecución o la inexperiencia en este tipo de obras le hace inclinarse por la opción más segura.

6.7. PROYECTO DE AMPLIACIÓN DE UN EDIFICIO DE PRODUCCIÓN (CASO VE2)

6.7.1. Descripción del caso

Una empresa familiar catalana dedicada a la elaboración de motores para maquinaria ligera requiere una ampliación del espacio disponible para realizar su actividad. Para ello se plantea llevar a cabo una ampliación de la nave que actualmente tiene en una localidad cercana a Barcelona. En la figura 6.22 se presenta un croquis del emplazamiento del edificio actual. Para abordar el proyecto de forma satisfactoria contrata los servicios de un ingeniero industrial, al que le encarga el estudio y el proyecto de la ampliación.

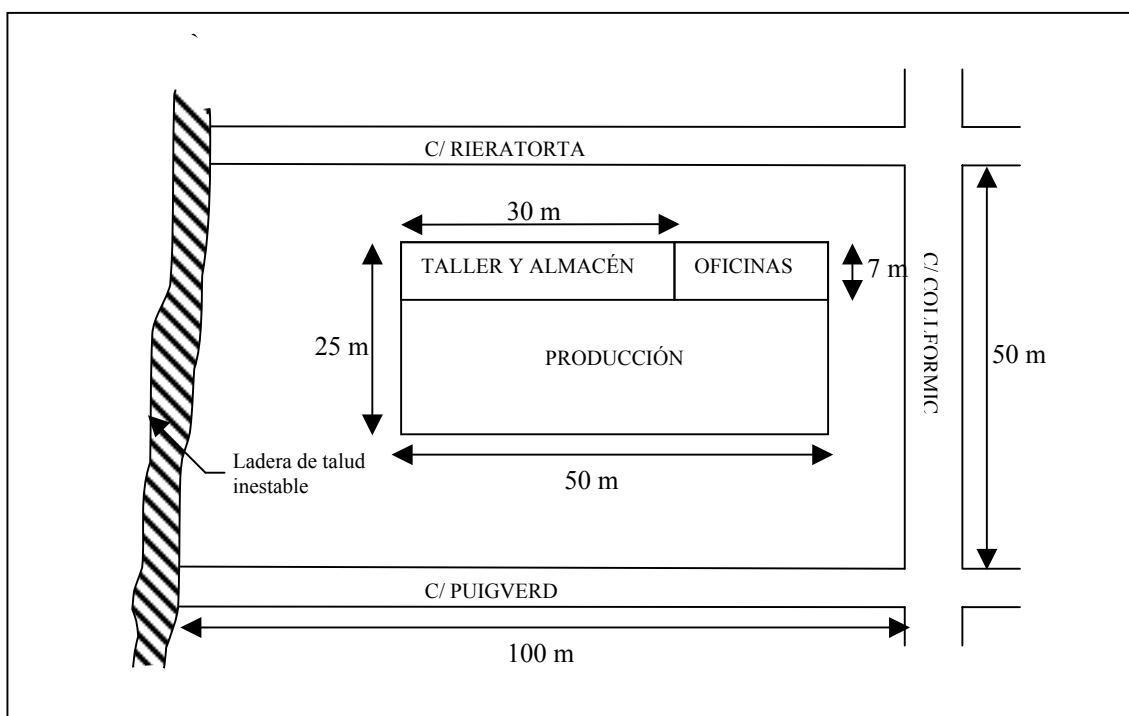


Figura 6.22. Croquis del emplazamiento del proyecto estudiado en el caso VE2.

La parcela descrita en el croquis anterior tiene unas dimensiones de 5000 m^2 . El edificio actualmente en uso tiene unas dimensiones de 50 m de ancho y 25 de largo. Las áreas de las tres zonas señaladas en la figura 6.22 son:

- Taller y almacén	210 m^2
- Oficinas	140 m^2
- Producción	900 m^2

Se trata de un edificio de estructura metálica, con jácenas en celosía (pórticos reticulares empotrados en la base), cubierta tipo “deck” y cerramiento “sandwich”, excepto en la zona de oficinas, donde se dispuso una fachada ventilada con paneles de aluminio. La altura de la nave es de 8 m.

6.7.2. Descripción del estudio

El ingeniero proyectista -conocedor de la metodología del valor- plantea un estudio de valor en el seno de la organización de su cliente para la determinación del perfil de la actuación a realizar según el siguiente esquema:

Los miembros del equipo de trabajo serán:

- El Proyectista. Será el coordinador del estudio del valor
- El Director financiero de la empresa cliente
- El Jefe de mantenimiento e instalaciones de empresa cliente
- El Jefe de producción de la empresa cliente

La programación del estudio se plantea en tres días por la mañana distribuidos en tres semanas.

Preparación del estudio

El Ingeniero proyectista reúne a los otros tres miembros del equipo de trabajo en presencia del Director General de la empresa, y les explica, los fundamentos de la metodología del valor. Así mismo, les hace una serie de preguntas sobre sus requerimientos y les pide planos del actual edificio. A continuación pasa por el ayuntamiento del municipio y recoge planos de servicios del polígono donde se ubica el edificio de la empresa.

Primera sesión

El estudio empieza a primera hora de la tarde. El ingeniero proyectista expone a sus clientes el análisis que ha realizado sobre su organización como primera aproximación. Los otros tres miembros del equipo de trabajo hacen una serie de apreciaciones y correcciones hasta que al cabo de dos horas se acepta una versión de dichas matrices.

Posteriormente se procede a evaluar los diversos requerimientos, para lo que se invierten otras dos horas. Finalmente, a última hora de la tarde se procede a repasar el análisis realizado, realizando algún ajuste, y se plantea la generación de alternativas para llevarla a cabo el próximo día de estudio.

Segunda sesión

La segunda sesión se fija una semana después a la misma hora, primera hora de la tarde. Se pide a los asistentes que expliquen las alternativas que se les han ocurrido. Obviamente el proyectista es el que aporta un mayor número de ellas. En total se recogen siete, que se explican y discuten durante las tres horas siguientes. A continuación se seleccionan las dos que parecen más satisfactorias, si bien se aporta a estas ideas de aquellas que han sido desechadas.

Tercera sesión

La tercera sesión de trabajo se plantea una semana después, también a primera hora de la tarde. En ella se estudian a fondo las dos alternativas seleccionadas. Durante la semana el ingeniero proyectista ha ido trabajando su evaluación, pidiendo precios y preguntando la duración aproximada de los trabajos de ejecución, el aspecto de

6.7.3. Resultados del estudio

A. Fase de Análisis

A.1. Preparación del estudio y recogida de información

Antes de proceder al análisis de la toma de decisión, el director de obra recogió la siguiente información:

- Planos as built del proyecto inicial y de los alrededores (instalaciones, servicios, plano topográfico, etc.).
- Análisis de la zona; existencia y precios de subcontratistas, suministradores, etc.

A.2. Matriz de procesos

	PLANIFICACIÓN	MATERIALIZ.	UTILIZACIÓN	REINTEGRACIÓN
ESTR	Planificación estratégica Dirección/Gestión Calidad Total Recursos Humanos		Gestión del almacén	Gestión de residuos utilizables
CLAVE	Compra de productos Transporte a almacén Almacenaje de productos Transporte a supermercados Venta en supermercados	Proyecto Licitación Licencias de construcción Planificación técnica Compras y contratación Construcción Implantación	Recepción de mercancías Almacenaje de mercanc. Expedición de mercanc.	Demolición
SOPORTE	Control de calidad Facturación Gestión financiera Mantenimiento Administración de personal	Suministro de agua y energía Control calidad en obra Certificación	Reciclaje de mercancías Servicios para personal Mantenimimiento	Gestión de residuos no utilizables

Tabla 6.32. Matriz de procesos del proyecto correspondiente al caso VE2.

A.3. Matriz de requerimientos

	PLANIFICACIÓN	MATERIALIZ.	UTILIZACIÓN	REINTEGRACIÓN
\$		Costes de construcción	Costes de uso Costes de operaciones Coste de mantenim. Costes generales	Valor residual
T		Tiempo de construcción	Tiempo de utilización	Rehabilitación
Q	Capacidad de producción Imagen de la compañía	Constructibilidad Calidad de ejecución	Eficiencia de operaciones Confort-ergonomía	
S	Evitar trastornos a industrias del entorno	Seguridad e higiene en construcción Trastorno a la producción	Seguridad e higiene en uso	
M			Eficiencia energética	

Tabla 6.33. Matriz de requerimientos del proyecto correspondiente al caso VE2.

Obviamente los requerimientos y procesos de planificación y uso corresponden a la actualización de los del proyecto original.

A.4. Ponderación de los requerimientos

La realiza cualitativamente, sin realizar una estimación numérica

A.5. El árbol de requerimientos



Figura 6.23. Árbol de requerimientos del proyecto correspondiente al caso VE2.

C. Fase de Creatividad

C.1. Identificación de puntos de decisión y definición de su alcance

En este caso el punto de decisión es único; determinar el perfil del proyecto de ampliación a realizar.

C.2. Generación de alternativas para cada punto de decisión

Las alternativas generadas fueron las siguientes:

- Realización de un anexo por el lado de la calle Puigverd
- Construcción de un anexo por el lado de la calle Rieratorta
- Ampliación por el lado de la calle Collformic
- Ampliación por el lado de la ladera del terreno contiguo a la parcela
- Edificio independiente en la misma parcela
- Edificio independiente en otra parcela del mismo polígono

E. Fase de Evaluación

E.1. Preselección cualitativa de alternativas en cada punto de decisión

Del análisis de las ideas generadas se descarta la idea de hacer un edificio independiente –ya sea en la misma parcela o en otra- por las dificultades relacionadas con el proceso de fabricación, ya que sería inviable. Por otro lado, supondría un sobre coste importante desde el punto de vista de instalaciones y servicios y, en el último caso, de adquisición de terrenos. Por otro lado, desde el punto de vista del layout de producción, las alternativas de ampliación por la calle Collformic y Rieratorta también se desestiman. Por consiguiente, el análisis se restringe a dos de las alternativas generadas.

E.2. Evaluación de alternativas para cada punto de decisión

E.2.1. Evaluación del valor sin riesgos

Los parámetros considerados fruto del despliegue del árbol de requerimientos son los siguientes:

Parámetro de respuesta	Alternativa 1: Calle Puigverd	Alternativa 2: Ladera
Coste de construcción	602.450 euros	634.420 euros
Plazo de ejecución	12 meses	11 meses
Adecuación al proceso de producción ampliado*	Regular (6 puntos)	Buena (9 puntos)
Maniobrabilidad interior*	Regular (6 puntos)	Buena (8 puntos)
Accesibilidad exterior*	Buena (8 puntos)	Buena (8 puntos)
Estética*	Regular (5 puntos)	Buena (9 puntos)

Tabla 6.34. Parámetros de respuesta referentes a la decisión del caso VE2.

(*) Puntuación en una escala del 1 al 10

Como comentario a la tabla anterior, cabe observar que la solución de ampliar en dirección a la calle Puigverd conlleva colocar la zona ajardinada en la parte posterior del edificio, lo que conlleva una peor estética por la menor visibilidad de las plantas. Por otro lado, el disponer la cadena de producción en línea recta implica una mayor facilidad de movilidad interior y una mejor adecuación a los requerimientos del proceso de producción.

Del análisis de estas características, la opinión dominante se decanta hacia la alternativa 2, principalmente por su mayor adecuación al layout del proceso de producción, lo cual, en este caso, es la respuesta al requerimiento fundamental del proyecto de ampliación.

E.2.2. Análisis y evaluación de los riesgos de la toma de decisión

Los riesgos identificados asociados a las alternativas de toma de decisión fueron los siguientes:

Alternativa 1: Calle Puigverd

No se identifica ningún riesgo importante

Alternativa 2: Ampliación por el lado de la ladera

Riesgo considerado		Medida	Parámetros de evaluación de la severidad (xi)	Probabilidad	Severidad
1	Inestabilidad de la ladera	Medidas de estabilización y contención	- Daños en el edificio (costes de reparación) - Paralización de la producción (pérdidas de producción) - Posibles daños al personal	Baja	Media-Baja

Tabla 6.35. Evaluación de los riesgos asociados a la alternativa 2. Caso VE2.

Obviamente, sin las medidas de estabilización y protección propuestas, la probabilidad y la severidad del riesgo considerado serían mucho más alta que las recogidas en la tabla anterior.

E.2.3. Cálculo del valor integrado

Sopesando cualitativamente la probabilidad y severidad del riesgo contemplado (atendiendo a las medidas preventivas que se tomarían), se considera que no reduce el gran valor que aporta dicha alternativa desde el punto de vista del layout de producción, por lo que se estima de un valor mayor que la primera alternativa considerada.

E.2.4. Análisis de compatibilidad

Además de las incompatibilidades desde el punto de vista de producción señaladas en el punto E.1 (preselección de alternativas), y que han llevado a desestimar varias opciones de las generadas en la fase de creatividad, no se identifican nuevas incompatibilidades relativas a las dos alternativas restantes.

E.2.5. Análisis de los resultados

Del análisis de los resultados se desprende que la toma de decisión planteada tiene una importancia capital en el futuro de la empresa, pues condicionará la producción de la misma, donde se genera gran parte de su valor. Por otro lado, como puede observarse, la toma de decisión tiene un gran alcance y trascendencia, pues afecta a un número muy importante de requerimientos, muchos de los cuales son de una gran importancia

Por otro lado, de la revisión de la evaluación cualitativa llevada a cabo anteriormente, se deduce que en ella no se ha tenido en cuenta suficientemente el factor estético. Sin embargo, tras una breve discusión, se concluye que incluso con esta consideración la importancia del factor producción es tal que no justifica cambiar la resolución de adoptar la alternativa 2.

E.2.6. Toma de decisión y justificación; presentación de resultados

Dado que no se ha identificado ninguna nueva incompatibilidad, y el análisis de resultados no ha producido ningún cambio de parecer, se adopta la alternativa 2 principalmente su mejor adaptación a la ampliación de producción deseada, a pesar del riesgo que entraña, el cual será reducido de forma importante por las medidas de estabilización y contención de la ladera.

6.8. PROYECTO DE DEMOLICIÓN DE UN VIADUCTO URBANO (CASO VE3)

6.8.1. Descripción el caso a estudiar

En cierto momento se plantea la demolición de un puente que sirve de paso superior en un entramado viario en una zona céntrica de Barcelona. La estructura consta de una losa continua de 7 vanos apoyada sobre pilas y estribos (se adjunta plano al final). La razón de su demolición son los nuevos planeamientos relativos a la ordenación del tráfico en la zona afectada por el viaducto⁹.

Dado que se trata de una operación de cierta importancia económica, y el puente se sitúa en un emplazamiento en el que existen viviendas cercanas, se plantea un estudio de valor sencillo que permita tomar una decisión bien fundamentada acerca del modo de eliminar dicha estructura.

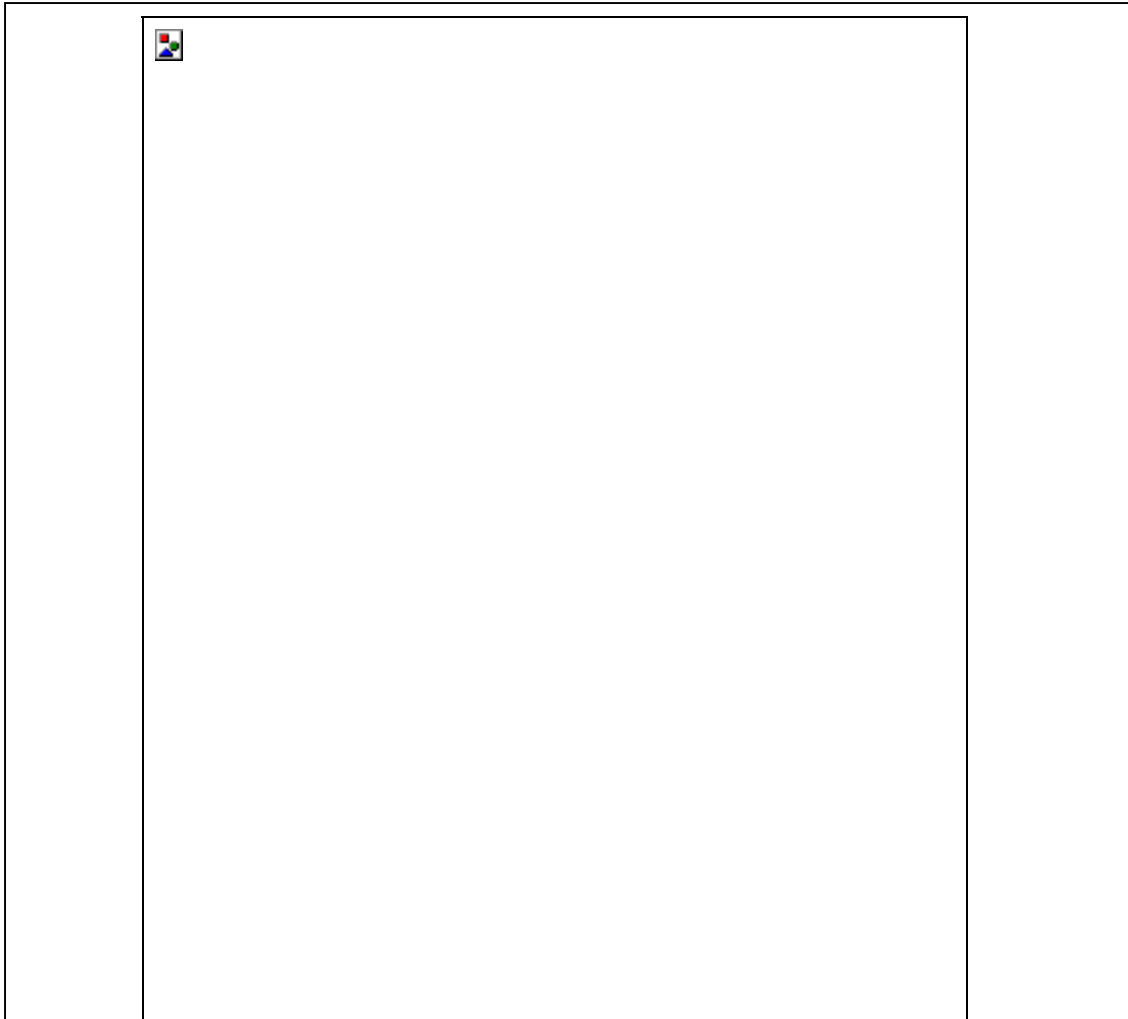


Figura 6.24. Emplazamiento, planta y sección del viaducto estudiado en el caso VE3

⁹ Obviamente en este apartado no se pretende evaluar el carácter estratégico de la decisión de modificar el trazado sino que la atención se centra en la demolición en sí del citado puente.

6.8.2. Descripción del estudio

El estudio de valor planteado consta de una mañana de trabajo y se planea desarrollarlo en el seno del Ayuntamiento de Barcelona (en adelante AB). El coordinador del mismo sería el jefe del departamento de obra civil del citado ayuntamiento. Dicha persona diseña un estudio en el que participarían las siguientes personas:

- El jefe del departamento de obra civil del AB. Coordinador del estudio de valor.
- Un colaborador del primero.
- El coordinador de medioambiente del AB.
- Un especialista en obras de demolición, de la empresa seleccionada para encargarse de estos trabajos.

El estudio de valor empieza a primera hora de la mañana en la sede del AB. El coordinador del estudio ya había explicado previamente los fundamentos de la metodología del valor al especialista en demolición, ya que el resto conocían esta técnica por ser una práctica habitual en dicha institución.

La reunión empieza, por tanto, con el desarrollo del análisis del proyecto. De hecho, el coordinador del estudio ya lo tenía realizado y lo expone al resto de asistentes y les pide su opinión. El análisis se acepta con alguna matización y aclaración.

Posteriormente, se plantea la fase de creatividad. Se anima a los participantes a expresar las ideas que han ido generando los días antes del estudio. Se recogen cinco ideas y se procede a su evaluación. En un primer análisis se desechan tres de ellas, por lo que al final se plantea entre la elección de dos alternativas:

1. Corte por sierra
2. Gatos rompedores

Para su evaluación se desplegó el árbol considerando los siguientes requerimientos:

- Reducir el plazo de ejecución
- Obtener dinero de la venta del material de demolición
- Mantener el bienestar del vecindario

La evaluación de los diversos parámetros no implicó especial dificultad por la experiencia en este campo del especialista en obras de demolición, con las aportaciones del resto de miembros del equipo.

Posteriormente se identificaron los parámetros que miden la influencia en el entorno del proceso de demolición:

- Vibraciones
- Ruidos en el entorno
- Generación de polvo

y se procedió a su evaluación en las dos alternativas consideradas. También se analizó la posible existencia de incompatibilidades y no se identificó ninguna.

Finalmente se estimó cualitativamente el valor integrado de ambas alternativas mediante el sistema IDS y se realizó el análisis de sensibilidad que dio lugar a la elección de la alternativa 1 (según se desprende de los resultados del apartado 6.8.3).

6.8.3. Resultados del estudio

A. Fase de Análisis

A.1. Preparación del estudio y recogida de información

Antes de proceder al análisis de la toma de decisión, el director de obra recogió la siguiente información:

- Proyecto “as built” que refleje lo que hoy en día está construido (planos y cálculos)
- Análisis de la información sobre los métodos de demolición (catálogos, entrevistas, petición de opinión a compañeros con experiencia de trabajo con ellos, etc.).

Tal como se postula en el apartado 4.5 (figura 4.13), el análisis de una demolición o en general una actuación en la última etapa del ciclo de vida de un proyecto constructivo debe centrarse en el nuevo proyecto en el cual se encuadra, de modo que pueda analizarse la influencia de la actuación a la luz del nuevo proyecto, ya que el antiguo ya no interesa. Por tanto, la demolición del viaducto debe analizarse en función de la futura utilización del espacio que ocupa. En este caso su demolición se orienta a dejar el espacio urbano libre.

A.2. Matriz de procesos

	PLANIFICACIÓN	MATERIALIZ.	UTILIZACIÓN	REINTEGRACIÓN
ESTR	Gobierno autonómico Gobierno central	Planificación técnica de la obra Gestión de residuos		
CLAVE	Comercio Vivienda	Proyecto Demolición (derribo) Urbanización del espacio	Circulación de vehículos Tránsito de personas Zona de descanso (parque)	Rehabilitación
SOPORTE	Servicios urbanos	Desmantelamiento Traslado de residuos Instalaciones urbanas tras la urbanización	Mantenimiento	

Tabla 6.36. Matriz de requerimientos del proyecto correspondiente al caso VE3.

A.3. Matriz de requerimientos

	PLANIFICACIÓN	MATERIALIZ.	UTILIZACIÓN	REINTEGRACIÓN
S	Sacar provecho de materiales de derribo y partes reutilizables	Costes de ejecución	Costes de mantenimiento	Coste de rehabilitación
T	Tiempo de desplazamiento en la ciudad	Tiempo de ejecución	Tiempo de vida útil hasta rehabilitación	
F	Estética del paisaje urbano resultante	Calidad de ejecución	Comodidad de uso de los ciudadanos	
S	Evitar trastornos a los vecinos	Seguridad e higiene de los operarios	Seguridad de los usuarios	
M		Gestión de residuos no reciclables		

Tabla 6.37. Matriz de requerimientos del proyecto correspondiente al caso VE3.

A.4. Ponderación de los requerimientos

La realiza cualitativamente, sin realizar una estimación numérica

A.5. Árbol de requerimientos

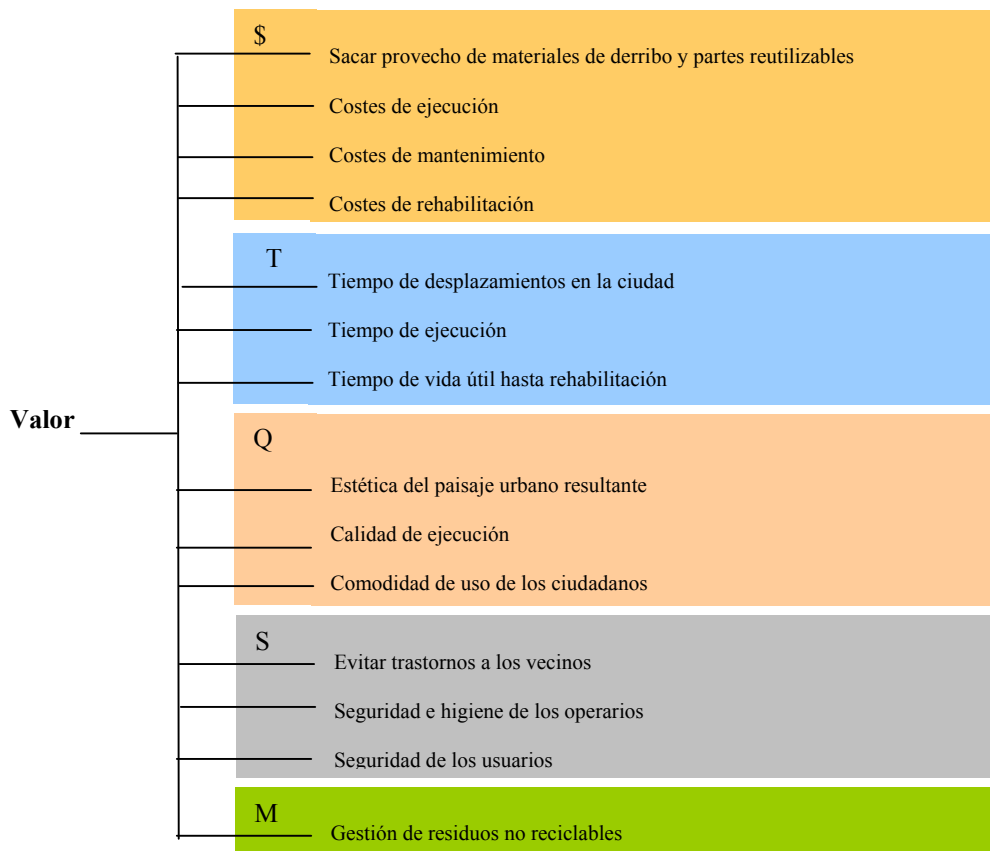


Figura 6.25. Árbol de requerimientos del proyecto correspondiente al caso VE3.

C. Fase de Creatividad

C.1. Identificación de puntos de decisión y definición de su alcance

El punto de toma de decisión que se plantea es la elección del método de demolición del viaducto.

C.2. Generación de alternativas para cada punto de decisión

Las alternativas generadas fueron las siguientes:

1. Demolición con corte con disco con corona de diamante
2. Demolición con gatos rompedores
3. Demolición global mediante explosivos
4. Demolición global mediante masa suspendida

Obviamente, la alternativa 1 hace referencia más bien al tablero de la estructura. Las pilas transportarían directamente a vertedero (tras excavación del entorno hasta el entronque con el encepado de la cimentación), y los estribos se demolerían con martillo, fraccionándolos para su posterior transporte.

E. Fase de Evaluación

E.1. Preselección cualitativa de alternativas en cada punto de decisión

Por severo impacto sobre los edificios circundantes se desestima la utilización de explosivos. Por otro lado, por la tipología de estructura y el posible daño a las infraestructuras del entorno también se desestima el uso de la masa suspendida. Por tanto, la elección queda centrada entre la alternativa 1 y 2.

E.2. Evaluación de alternativas para cada punto de decisión

E.2.1. Evaluación del valor sin riesgos

Del despliegue del árbol de requerimientos se extraen los siguientes parámetros de respuesta:

Parámetro de respuesta	Alternativa 1	Alternativa 2
Coste de ejecución	765.670 euros	857.320 euros
Tiempo de ejecución	11 semanas	9 días
Vibraciones*	3	4
Polvo*	7	5
Ruidos*	8	6
Aprovechabilidad de los residuos**	Regular (6 puntos)	Baja (4 puntos)

Tabla 6.38. Parámetros de respuesta de la decisión relativa al caso VE3.

(*) Estimación del grado de impacto en una escala del 1 al 10

(**) Puntuación del 1 al 10

E.2.2. Análisis y evaluación de los riesgos de la toma de decisión

Los riesgos identificados son principalmente dos:

- i) accidente de obra con daño de los operarios
- ii) daños a los edificios del entorno

Respecto al primero, el uso de sierra de corte implica unos mayores peligros que la maquinaria de gatos rompedores; la probabilidad es mayor. De todas formas, aplicando las medidas preventivas, la probabilidad de accidente es baja, por lo que el factor riesgo no se considera determinante.

Por otro lado, se considera digno de consideración el posible riesgo de aparición de fisuras en los edificios del entorno por las vibraciones generadas en la demolición. Sin embargo, en este sentido, el gato hidráulico entrañará un mayor riesgo por la caída de trozos de material que al golpear con el terreno pueden producir vibraciones en el mismo. Por otro lado, la sierra de corte implica una manipulación con grúa de los trozos cortados y, por tanto, una colocación suave sobre el terreno. En cualquier caso, tanto la probabilidad de que se produzcan daños como la severidad de los mismos se consideran en este caso más bien bajas.

E.2.3. Cálculo del valor integrado

Sopesando cualitativamente las severidades de los riesgos previamente identificados y el valor sin riesgo estimado concluye que la alternativa 1 parece la más satisfactoria.

E.2.4. Análisis de compatibilidad

No se identifica ningún tipo de incompatibilidad a excepción de la ya citada referente al uso de explosivos y maza rompedora.

E.2.5. Análisis de los resultados

El análisis de resultados se realiza sopesando la evaluación cualitativa realizada con base en el árbol de requerimientos. Se observa que en el proyecto de nuevo uso del espacio la demolición constituye más del 60% del presupuesto y una parte considerable del tiempo de ejecución, por lo que la toma de decisión planteada tiene una trascendencia considerable. En definitiva, dicho análisis de resultados no hace modificar la percepción de ambas alternativas.

E.2.6. Toma de decisión y justificación; presentación de resultados

En vistas a la inexistencia de incompatibilidades y a la revisión del resultado planteada en E.2.5, se decide finalmente optar por la opción 1, principalmente por el menor coste de ejecución que conlleva. Además, implica un factor de riesgo menor.